ÓRGANO DE DIVULGACIÓN DE LAS DIVISIONES DE INGENIERÍA, CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES Y CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

EPISTEMUS

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SALUD

UNIVERSIDAD DE SONORA, JUNIO 2016, NÚMERO 20

ISSN: 2007-4530

"El saber de mis hijos hará mi grandeza"



INVESTIGACIÓN
- Propiedades vibracionales de carburos de molibdeno nanoestructurados.
- Variación de la conductividad hidráulica saturada de arenas con el contenido de finos limosos.

DESDE LA ACADEMIA
- Evaluación de la gestión de sustentabilidad y seguridad en construcciones de vivienda en México.
- Análisis de preferencia en tres rutas del transporte público en la ciudad de Hermosillo.

POLÍTICAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
- El balance vida-trabajo en las organizaciones de diferentes países del mundo.
- El decenio de la educación para el desarrollo sustentable en la universidad de sonora.

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD
- Atributos del problema dinámico de control operacional de AGVS en la distribución de materiales.

Temas de la Ingeniería: educación, transporte, gestión sustentable

Indexada en:
DOAJ DIRECTORY OF OPEN ACCESS JOURNALS
REDIB
latindex
PERIÓDICA
biblat

Universidad de Sonora

UNIDAD REGIONAL CENTRO

DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

"El saber de mis hijos hará mi grandeza"

Posgrados incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS EN MATEMÁTICAS

Objetivos del Programa

Formar personal con alto nivel académico, para el estudio autónomo y comprensión de los resultados y avances de la matemática moderna y sus aplicaciones, con capacidad para realizar labores de asesoría y apoyo matemático en proyectos de investigación y desarrollo en disciplinas de carácter científico y tecnológico. A nivel de doctorado, además de los anteriores, el objetivo principal es capacitar para la realización de investigación original e independiente en el campo de las matemáticas y sus aplicaciones.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ESPECIALIDAD EN MATEMÁTICA EDUCATIVA

Objetivos del Programa

El propósito de este programa académico es formar Especialistas en Matemática Educativa, cuya práctica profesional como docentes sintetice una serie de competencias éticas, ideológicas, de conocimiento teórico y sentido práctico, para atender los problemas de la educación matemática escolar en los ámbitos de la investigación, el desarrollo docente y la proyección social de sus egresados.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS EN FÍSICA

Objetivos del Programa

Preparar personal con un profundo conocimiento de las leyes fundamentales de la Física, para ejercer labores docentes a nivel licenciatura, posgrado y especialidad. Capacitar personal para ejercer actividades asociadas a la generación de conocimiento en diferentes áreas de la Física. Formar personal con una alta capacidad de trabajo e innovación lo cual le permita incidir sobre la solución de aquellos problemas de su competencia relacionados con el sector productivo de la región y del país. Capacitar personal en la utilización eficiente de diverso equipo con un alto desarrollo científico y tecnológico. Desarrollar programas multidisciplinarios de investigación científica y tecnológica.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS GEOLOGÍA

Objetivos del Programa

El objetivo general es el de formar Maestros en Ciencias de alto nivel de calidad y excelencia, capaces de participar en el análisis y solución de problemas geológicos tradicionales y de frontera, utilizando el método científico, y respondiendo con oportunidad a las necesidades del desarrollo científico y tecnológico del país. Se ofrece un espacio de formación de alto nivel académico en torno a la problemática derivada de tres grandes áreas de aplicación de las Ciencias de la Tierra como son: los yacimientos minerales, la geología regional, y la hidrogeología-geología ambiental. Con ello se pretende contribuir al fortalecimiento de la capacidad profesional y/o investigativa de los profesionales que se desempeñan en estas áreas del conocimiento.



http://www.investigacion.uson.mx/programas-posgrado.htm

DIVISIÓN DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Rosales y Blvd. Luis Encinas, Edificio 3K-1 Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000, Tel. (662) 259-21-53 y 259-21-54



CONTENIDO

CONTENIDO 1

DIRECTORIO 2

EDITORIAL 3

BASES 4

INVESTIGACIÓN

GENERACIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS DEL COMEDOR DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA 5
LORENA GABRIELA BERRELLEZA ROBLES, FRANCISCO JAVIER ARMENDARIZ TAPIA, ONOFRE MONGE AMAYA, MARIA TERESA CERTUCHA BARRAGÁN, SERGIO PÉREZ FABIEL

PRESENCIA DE HONGOS EN EL AIRE DE AULAS DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA, UNIDAD CENTRO 14
GILBERTO GARCÍA NAVARRETE, GRISELDA ADILENE SÁNCHEZ CUBEDO, SYLVIA LORENIA LÓPEZ MAZÓN, MARÍA ELENA OCHOA LANDÍN, VIRGILIO RUBIO NIEBLAS

LA FASE ESPONJA COMO SISTEMA BIOMIMÉTICO PARA CRISTALIZAR PROTEÍNAS DE MEMBRANA 21
AMIR DARÍO MALDONADO ARCE, RAMÓN ÍÑIGUEZ PALOMARES, RICARDO LÓPEZ ESPARZA, GERARDO PAREDES QUIJADA, JUDITH TÁNORI CÓRDOVA

PROPIEDADES VIBRACIONALES DE CARBUROS DE MOLIBDENO NANOESTRUCTURADOS 27
LUIS IVÁN SERRANO CORRALES, KEREN HAPUC GUTIÉRREZ ACOSTA, ANA BERTHA LÓPEZ OYAMA, ROGELIO GÁMEZ CORRALES, FELIPE BARFFUSON DOMÍNGUEZ

VARIACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRAÚLICA SATURADA DE ARENAS CON EL CONTENIDO DE FINOS LIMOSOS 33
JOSÉ ALFREDO ESPINOZA MELÉNDREZ, VIRGILIO RUBIO NIEBLAS, ALFREDO FRANCISCO ESPINOZA MÉZQUITA

APLICACIONES DE LA QUÍMICA SUPRAMOLECULAR: SÍNTESIS DE UN SENSOR CON PROPIEDADES FLUORESCENTES EN SOLUCIÓN Y EN FASE SÓLIDA PARA LA DETECCIÓN SELECTIVA DE LITIO 40
HISILA SANTACRUZ ORTEGA, LUIS MIGUEL LÓPEZ MARTÍNEZ, GABRIELA IVONNE VALENZUELA ORDUÑO, ROCIO SUGICH MIRANDA, ENRIQUE F. VELÁZQUEZ CONTRERAS 5

DESDE LA ACADEMIA

UN ESTUDIO SOBRE LAS ACTITUDES HACIA LA ESTADÍSTICA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS 48
ALEJANDRINA BAUTISTA JACOBO, MYRIAM VIRGINIA MORALES GONZÁLEZ, LUCÍA GUADALUPE DÓRAME BUERAS, GLORIA PERALTA TORUA

EL USO DE MANIPULABLES PARA PROPICIAR LA COMPRENSIÓN DEL SIGNIFICADO DE ECUACIONES LINEALES EN LA ESCUELA SECUNDARIA 55
PAOLA TONANZY GARCÍA MENDÍVIL, JOSÉ LUIS DÍAZ GÓMEZ, JORGE RUPERTO VARGAS CASTRO

DISPERSIÓN DE LUZ POR UNA NANOPARTÍCULA DE PLATA CON FORMA ESFEROIDAL PROLATA 62
ALEJANDRO CASTELLANOS JARAMILLO, ARNULFO CASTELLANOS MORENO

EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE SUSTENTABILIDAD Y SEGURIDAD EN CONSTRUCCIONES DE VIVIENDA EN MÉXICO 69
MARCO ANTONIO RAMOS CORELLA, SALVADOR GARCÍA RODRÍGUEZ, JESÚS QUINTANA PACHECO, ARTURO OJEDA DE LA CRUZ, ANA CECILIA BORBÓN ALMADA

ESTUDIO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS ESPECIALES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL FRACCIONAMIENTO PORTAL DE ROMANZA EN HERMOSILLO, SONORA 74
ISRAEL MIRANDA PASOS, ANA CECILIA BORBÓN ALMADA, JESÚS FERNANDO GARCÍA ARVIZU, JESÚS QUINTANA PACHECO, ELSA ELIZABETH MORALES MORALES, GILBERTO RIVERA ANDRADE

ANÁLISIS DE PREFERENCIA EN TRES RUTAS DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO 81
ELSA ELIZABETH MORALES MORALES, DAGOBERTO BURGOS FLORES, MANUEL IVAN VALENZUELA BARRERAS, GRACIELA LÓPEZ MONTELLANO

POLÍTICAS EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

EL BALANCE VIDA-TRABAJO EN LAS ORGANIZACIONES DE DIFERENTES PAÍSES DEL MUNDO 90
ELSY GUADALUPE PARADA RUIZ, MARÍA DEL ROCÍO SOTO FLORES, DANIEL GONZÁLEZ LOMELÍ

EL DECENIO DE LA EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE EN LA UNIVERSIDAD DE SONORA 95
MARCO ALBERTO A LA TORRE ISLAS, ANDREA ZAVALA REYNA, JUANA ALVARADO IBARRA, LUIS EDUARDO VELÁZQUEZ CONTRERAS

CTS-EPISTEMUS

ATRIBUTOS DEL PROBLEMA DINÁMICO DE CONTROL OPERACIONAL DE AGVs EN LA DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES 100
ISIDRO RAMOS TORRES, LUIS FELIPE ROMERO DESSENS, JOSÉ LUIS MARTÍNEZ FLORES, ELÍAS OLIVARES BENÍTEZ, RENÉ ROGELIO DURAND VILLALOBOS



EPISTEMUS

UNIVERSIDAD DE SONORA

EPISTEMUS. Año 10, No. 20, enero-junio 2016, es una publicación semestral arbitrada y es editada por la Universidad de Sonora a través de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud. Blvd. Luis Encinas y Blvd. Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo Sonora; Tel. (662) 2592105, (662)2592183 ext. 2650, www.epistemus.uson.mx,revista.epistemus@correom.uson.mx. Editor ejecutivo: Dr. José Luis Díaz Gómez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2012-101210334800-102. ISSN: 2007-4530 otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Certificado de Licitud de Título y Contenido: 15747, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Color Express de México, S. A. de C. V., 12 de octubre No. 130, Col. San Benito, C.P. 83190, Hermosillo, Sonora; este número se terminó de imprimir el 30 de junio del 2016, con un tiraje de 500 ejemplares.

Información del contacto institucional de la publicación: Universidad de Sonora, Unidad Regional Centro, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n, Col. Centro, C.P. 83000, Hermosillo, Sonora, México. Tel. (662)2592155, correo electrónico: revista.epistemus@correom.uson.mx, At'n. Dr. José Luis Díaz Gómez, Editor ejecutivo.

EPISTEMUS está Indexada en el Directory of Open Access Journal (DOAJ), la Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico (REDIB), el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal (LATINDEX), en el Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias (PERIÓDICA) y en el portal especializado en Revistas Científicas y Académicas publicadas en América Latina y el Caribe (Biblat).

REVISTA EPISTEMUS
Universidad de Sonora
Unidad Regional Centro, Blvd. Luis Encinas y
Rosales, s/n, Col. Centro, C.P. 83000,
Hermosillo, Sonora, México.
Teléfono: (662) 2592155.
Correo: revista.epistemus@correom.uson.mx
Atn. Dr. José Luis Díaz Gómez
Editor Ejecutivo

EDITORIAL



La revista Epistemus, órgano de divulgación científica y tecnológica de la Universidad de Sonora, arriba con este número a 20 ediciones. Este proyecto editorial nació hace 10 años con la iniciativa de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Biológicas y de la Salud; las cuales unieron esfuerzos y pudieron concretar y crear la revista, con el fin de seguir fomentando una cultura científica y tecnológica en áreas del conocimiento que conforman a las divisiones.

En el año 2006, el proyecto dio origen con la dirección ejecutiva de Ing. Rafael Pacheco Rodríguez, M.C. Roberto Jimenez Ornelas y el Dr. Marco Antonio Valencia Sánchez, a los que se les reconoce el constante y gran esfuerzo realizado. La edición semestral inició con la impresión de mil ejemplares los que se han distribuido durante este tiempo a Universidades afiliadas a la Asociación Nacional de universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), centros de investigación dentro y fuera del país, así como a dependencias federales y estatales.

Actualmente, la revista ha sido incluida en el índice de la Red Iberoamericana de Innovación y Conocimiento Científico (REDIB), la cual es una plataforma de agregación de contenidos científicos y académicos en formato electrónico. En DOAJ, que es una lista de revistas de acceso libre, científicas y académicas, que cumplen con estándares de alta calidad. A través de REDIB y DOAJ estamos en otras bases de datos como UNIVERSIA y OpenAIRE. Este último es un proyecto financiado por el 7PM de la Comisión Europea y el European Research Council (ERC). En Latindex, sistema de información sobre las revistas de investigación científica, técnico-profesionales y de divulgación científica y cultural que se editan en los países de América Latina, el Caribe, España y Portugal.

En este número, la revista Epistemus incluye 6 artículos en la sección de Investigación, 6 en Desde la Academia, 2 en Políticas de Ciencia y Tecnología y 1 en Ciencia, Tecnología y Sociedad, con un total de 15 trabajos. Los temas que se presentan son diversos: en el apartado de investigación se incluyen los siguientes, Generación de biogás a partir de residuos de un comedor universitario, Variación de la conductividad hidráulica saturada de las arenas con contenido de limos, Aplicaciones de la química supramolecular: síntesis de un sensor con propiedades fluorescentes en solución y en fase sólida para la detección selectiva de litio, La fase esponja como sistema biomimético para cristalizar proteínas de membranas, Presencia de hongos en el aire de aulas de la Universidad de Sonora, unidad centro, Análisis de preferencia en tres rutas del transporte público en la ciudad de Hermosillo, y la última aportación es sobre las Propiedades vibracionales de carburos de molibdeno nanoestructurados.

En la sección Desde la academia, se presentan Un estudio sobre las actitudes hacia la estadística en estudiantes universitarios, El uso de manipulables para propiciar la comprensión del significado de Ecuaciones Lineales en la escuela Secundaria, Evaluación de la gestión de sustentabilidad y seguridad en construcciones de vivienda en México, Estudio de generación de residuos especiales en la construcción del fraccionamiento portal de Romanza, en la ciudad de Hermosillo, Sonora y el artículo Dispersión de la luz por una nanopartícula de plata con forma esferoidal prolata.

En el apartado de Políticas de Ciencia y Tecnología se publican dos artículos, El balance vida-trabajo en las organizaciones de diferentes países de mundo y El decenio de la educación para el desarrollo sustentable en la universidad de sonora.

Finalmente en la sección de Ciencia, Tecnología y Sociedad se presenta el artículo, Atributos del problema dinámico de control operacional de agvs en la distribución de materiales.

BASES
PARA PARTICIPAR CON ARTÍCULOS O COLABORACIONES EN EPISTEMUS

POLÍTICA EDITORIAL
La Revista Epistemus, es una revista arbitrada multidisciplinaria de difusión semestral que publica artículos de investigación y divulgación nacionales e internacionales. La Revista Epistemus, es un proyecto editorial de las Divisiones de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad de Sonora, México.

OBJETIVO
Divulgar el conocimiento que se crea, genera y enseña en las áreas de Ingenierías, Ciencias Exactas y Naturales y las Ciencias Biológicas y de la Salud para favorecer el debate académico y la producción de nuevos conocimientos para generar un espacio de difusión, reflexión y crítica, en nuestro entorno.

DIRIGIDA A
Está dirigida a investigadores, profesores y estudiantes de las Ingenierías, las Ciencias Exactas y Naturales y Ciencias Biológicas y la Salud, y a todos aquellos profesionales que desarrollan la ciencia y la aplican en estas áreas.

SECCIONES DE LA REVISTA
La revista publica artículos originales e inéditos de proyectos de investigación, reseñas, ensayos, y comunicaciones breves sobre ciencia y tecnología y salud, en las siguientes secciones:

Investigación.
Incluye resultados de proyectos de investigación y requiere mostrar la metodología del caso.

Divulgación

- ***Desde la academia.*** Comprende los temas relacionados con el quehacer académico, ensayos, reseñas, desarrollo de problemas, temas de la vida académica y su relación con el entorno.
- ***Políticas de Ciencia y Tecnología.*** Incluye temas que tienen que ver con el análisis de las políticas en materia de ciencia y tecnología, la relación entre la investigación y el desarrollo, la innovación y las políticas públicas.
- ***Ciencia, Tecnología y Sociedad.*** Se trata de promover una cultura científica, tecnológica, de la salud y de la sociedad, abordando diversos temas específicos que inviten a la reflexión, y/o al análisis para comprender el conocimiento.

ARBITRAJE
Cada trabajo será revisado por el Comité Editorial, y una vez que el trabajo sea considerado pertinente, se someterá al proceso de revisión en doble ciego por al menos dos especialistas en el área al que corresponde el artículo. Estos pares académicos deben ser de una institución diferente a la(s) institución(es) de origen del artículo. El proceso de dictamen y arbitraje será inapelable.

EXCLUSIVIDAD
Todos los textos deberán ser originales e inéditos, enviando declaratoria de originalidad y de no presentarse en paralelo para otras publicaciones. Se deberá asumir la responsabilidad si se detecta falsificación de datos y falta de autenticidad en la publicación.

DERECHOS DE AUTOR
La revista adquiere los derechos patrimoniales de los artículos sólo para difusión sin ningún fin de lucro, sin menoscabo de los propios derechos de autoría.

FORMATO GENERAL
1. Título de la colaboración, máximo de 12 palabras. Escrito en los idiomas Español e Inglés. Debe representar el contenido del artículo y permitir al lector situarse en el contexto específico que aborda.
2. Nombre(s) de los autores: en mayúsculas, separados por una coma, sin grados.
3. Resumen: Aproximadamente de 100 a 150 palabras, colocado después de los autores del artículo. Debe contener información concisa de principales resultados, métodos y conclusiones.
4. Palabras clave: Mínimo 3 y máximo 5.
5. Abstract: La traducción al inglés del resumen es responsabilidad del autor.
6. Keywords: Mínimo 3 y máximo 5. La traducción al inglés es responsabilidad del autor
7. Nombre(es) de los autores: ámbito disciplinar, institución académica, dirección de correo electrónico de autor(es).
8. Estructura deseable para artículos de investigación
    a. Introducción
    b. Objetivo
    c. Planteamiento del problema
    d. Método de trabajo
    e. Resultados
    f. Discusión
    g. Conclusiones
    h. Extensión máxima de 3500 palabras y hasta 20 cuartillas.
9. Estructura deseable para artículos de divulgación
    a. Introducción
    b. Desarrollo
    c. Conclusiones
    d. Extensión máxima de 3000 palabras y hasta 15 cuartillas.
10. Citas y referencias: Preferentemente de los últimos 5 años; deben seguir el formato IEEE e ir al final de la colaboración.
11. Contenido: Elaborado en Microsoft Word de Windows. Utilizar letra tipo Arial de 12 puntos, normal, a doble espacio, justificada. Para las expresiones matemáticas debe usarse un editor de ecuaciones y deberán estar numeradas consecutivamente entre paréntesis. No incluir notas en pie de página.
12. Tablas, fotos y gráficos se deben incluir en archivos separados. Incluir el título (como nombre Figura1.ext). Fotos y gráficos en formato jpg o tif con una resolución máxima de 1200 pixeles, las tablas en Excel. Las imágenes deben ser originales o de licencia creative commons (libres de regalías).
13. Bajar la plantilla con el formato general para el documento. Para desarrollar el artículo se encuentra una plantilla establecida de acuerdo a las características de los artículos. La plantilla se encuentra en la página Web de Epistemus.

POLÍTICA DE ACCESO ABIERTO
Esta revista proporciona un acceso abierto inmediato a su contenido, basado en el principio de que ofrecer al público un acceso libre a las investigaciones ayuda a un mayor intercambio global de conocimiento. Las personas que utilicen la información contenida en la revista para su difusión están obligadas a referenciar la revista como fuente de información.
Esta revista no aplica ningún cargo económico ni en la entrega de artículos ni para la producción editorial de los artículos.

CLÁUSULA DE EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD
Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del Comité Editorial de la publicación. Las imágenes son responsabilidad de los autores y o de la imprenta que realiza el diseño. El Comité Editorial declina toda responsabilidad por los derechos que pudieran derivarse de ellas.

FECHAS DE RECEPCIÓN DE ARTÍCULOS
Los artículos se reciben durante todo el año de manera electrónica en el correo:
revista.epistemus@correom.uson.mx

- Cierre de la edición del primer número del año: Primera quincena de marzo
- Cierre de la edición del segundo número del año: Primera quincena de septiembre
- Impresión y distribución: Junio y Diciembre de cada año.

MAYORES INFORMES AL CORREO Y PÁGINA WEB
revista.epistemus@correom.uson.mx
www.epistemus.uson.mx

GENERACIÓN DE BIOGÁS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS DEL COMEDOR DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA

Biogas generation from organic waste of the dining room of the university of sonora

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Lorena Gabriela Berrelleza Robles[1]
Francisco Javier Armendariz Tapia [2]
Onofre Monge Amaya [3]
Maria Teresa Certucha Barragán [4]
Sergio Pérez Fabiel [5]

Recibido: 14 de marzo de 2016,
Aceptado: 30 de mayo del 2016

Autor de Correspondencia:
Dr. Francisco Javier Almendariz Tapia
Correo: fjalmendariz@iq.uson.mx

NOMENCLATURA UTILIZADA

Símbolo:

DQO: Demanda química de oxígeno
C/N: Relación carbono/nitrógeno
AME: Actividad metanogénica específica
SST: Sólidos suspendidos totales
SF: Sólidos fijos
SSV: Sólidos suspendidos volátiles
SVT: Sólidos volátiles totales

Resumen

En este trabajo se evaluó el efecto de la biodegrabilidad anaerobia de los residuos sólidos orgánicos por medio de una biometanización para producir biogás como fuente de energía renovable. Para fines de este estudio se utilizaron los residuos sólidos de los alimentos provenientes del Comedor Universitario de la Universidad de Sonora. Las pruebas se realizaron por triplicado en botellas serológicas con volumen de operación de 120 mL, a las que se les adicionó cinco concentraciones de residuos (0.06, 0.12, 0.24, 0.6 y 1.2 gSVT), fueron inoculadas con biomasa metanogénica (0.24 gSSV) y se mantuvieron a 35°C por 30 días, la toxicidad de los residuos sobre la biomasa metanogénica se realizó con las mismas concentraciones pero se adicionó 5 g/L de acetato de calcio, por último se estudió el efecto del inóculo en cuatro proporciones diferentes de biomasa (0,1.66, 2.66 y 5.66 gSSV). Los resultados mostraron una producción de 71 m3 de metano por tonelada de residuos sólidos orgánicos el cual es superior al reportado en la literatura.

Palabras clave: Biometanización, potencial bioquímico de metano, actividad metanogénica específica.

Abstract

The effect of the anaerobic biodegradability of organic solid waste through a biomethanization to produce biogas as a renewable energy source was evaluated in this study. For this purpose solid waste food from the University restaurant of the Universidad de Sonora was used.

Tests were performed in triplicate in serological volume bottles were taken with 120 mL and five different organic loads (0.06, 0.12, 0.24, 0.6 and 1.2 gTVS) were applied, also were inoculated with methanogenic biomass (0.24 gVSS) and maintained at 35°C for 30 days, toxicity tests on the methanogenic biomass was performed with the same concentrations but 5 g/L of calcium acetate was added; in addition, finally the effect of inoculum was studied in four different proportions of biomass (0,1.66, 2.66 and 5.66 gVSS). The results showed a production of 71 m3 of methane per ton of organic solid waste, which is higher than reported in literature.

Key words: *Biomethanization, biochemical methane potential, specific methanogenic activity.*

1 Depto. de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora / Correo: lorenagbr@outlook.com
2 Depto. de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora / Correo: fjalmendariz@iq.uson.mx
3 Depto. de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora / Correo: onofrem@iq.uson.mx
4 Depto. de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora / Correo: mtcertucha@iq.uson.mx
5 Universidad Politécnica de Chiapas / Correo: sperez@upchiapas.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Se define al residuo sólido como aquella sustancia u objeto generado por una actividad productiva o de consumo, de la que hay que desprenderse por no ser objeto de interés directo de la actividad principal [1].

En los últimos años se ha mostrado un gran interés en la aplicación del proceso de digestión anaerobia para el procesamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, por la posibilidad de recuperar metano y por el hecho de que el material digerido es similar al compost producido aeróbicamente [2].

La biometanización es un proceso biológico anaerobio que transforma la fracción orgánica (mediante fermentación) en CH_4, CO_2, H_2O y un material inerte denominado "digestato", que tras un tratamiento posterior, puede ser utilizado como enmienda orgánica por tener propiedades fertilizantes. En el proceso de digestión anaerobia se consigue una reducción del contenido de materia orgánica entre un 45% y 60% y requiere de condiciones de operación dentro de unos estrictos rangos de temperatura [3,4].

En este trabajo se estudió la viabilidad de la biometanizacion de los residuos sólidos orgánicos generados en el comedor de la Universidad de Sonora, por lo que se evaluó la cantidad de residuo que puede ser bioconvertida a metano; el efecto tóxico de los RSO sobre las bacterias acetoclásticas y la cantidad óptima de biomasa para mejorar la producción del biogás, contribuyendo así a la sustentabilidad ambiental.

MATERIALES Y MÉTODOS

El equipo experimental fue ubicado en las instalaciones del laboratorio de Biorremediación del Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad de Sonora, edificio 5-C.

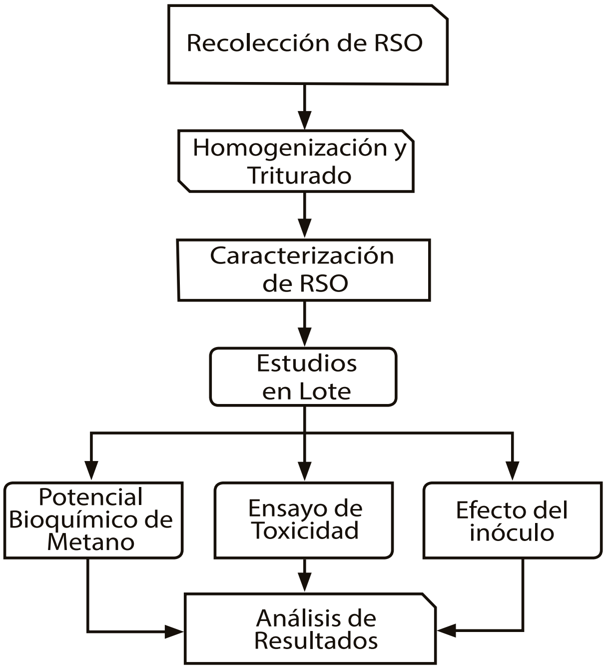


Figura 1. Metodología general.

La primera parte de este trabajo contempla la selección de los residuos sólidos orgánicos (RSO) procedentes del comedor universitario de la Universidad de Sonora, el método de recolección de los residuos sólidos orgánicos fue descrito de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NMX-AA-15-1985). Se obtuvo una muestra de aproximadamente 10 kg. Posteriormente se realizó una trituración en condiciones húmedas utilizando un molino de carne convencional para reducir el tamaño de partícula y obtener un compósito de los residuos (Figura 2). Los lodos anaerobios fueron obtenidos del digestor de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de una industria cervecera.



Figura 2. Molienda de los residuos sólidos orgánicos.



RSO



Molienda de los RSO



Compósito de los RSO

La caracterización de los residuos sólidos orgánicos se realizó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana y por los métodos estándares. En la tabla 1 se muestran los distintos métodos analíticos utilizados para la caracterización físico-química de los residuos sólidos orgánicos.

Tabla 1. Métodos analíticos empleados para la caracterización de los RSO.

Parámetro	Método estándar
Sólidos totales (ST)	Método Gravimétrico-APHA/SM 2540
Sólidos fijos (SF)	Método Gravimétrico-APHA/SM 2540
Sólidos volátiles totales(SVT)	Método Gravimétrico-APHA/SM 2540
Grasas	NMX-F-089-S-1978
Humedad	NMX-AA-016-1984
Materia orgánica	NMX-AA-21-1985
pH	NMX-AA-25-1984
Hidrógeno	NMX-AA-68-1986
Nitrógeno total	NMX-AA-24-1984
Carbono	Golueke 1977
C/N	NMX-AA-67-1985

ENSAYOS EN LOTE

En la segunda parte de este trabajo se llevaron a cabo los ensayos en lote. El compósito de los RSO fue licuado por cinco minutos en una licuadora convencional, para posteriormente ser agregado a las botellas en sus diferentes concentraciones. Los estudios del Potencial Bioquímico de Metano (PBM) se llevaron a cabo en botellas serológicas de capacidad de 160 mL con volumen de operación de 120 mL con una relación de carga de los RSO de 0.06, 0.12, 0.24, 0.6 y 1.2 gSVT; se inocularon con lodo anaerobio a 0.24 gSSV. Los ensayos de toxicidad de los RSO se realizaron de la misma manera pero las bacterias metanogénicas acetoclásticas se activaron con acetato de calcio agregando 5g/L a cada botella. Para el efecto del inóculo en el PBM la concentración de basura se fijó en 0.24 gSVT y mientras que la adición de biomasa varió de 0, 1.66, 2.26 y 5.66 gSSV, respectivamente. Para los tres ensayos las botellas se incubaron a 35°C, 50 RPM y el metano producido se midió por desplazamiento de una solución de NaOH al 3%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de los residuos sólidos orgánicos

En la tabla 2 se presentan los resultados de la caracterización físico-química de los residuos sólidos orgánicos (RSO).

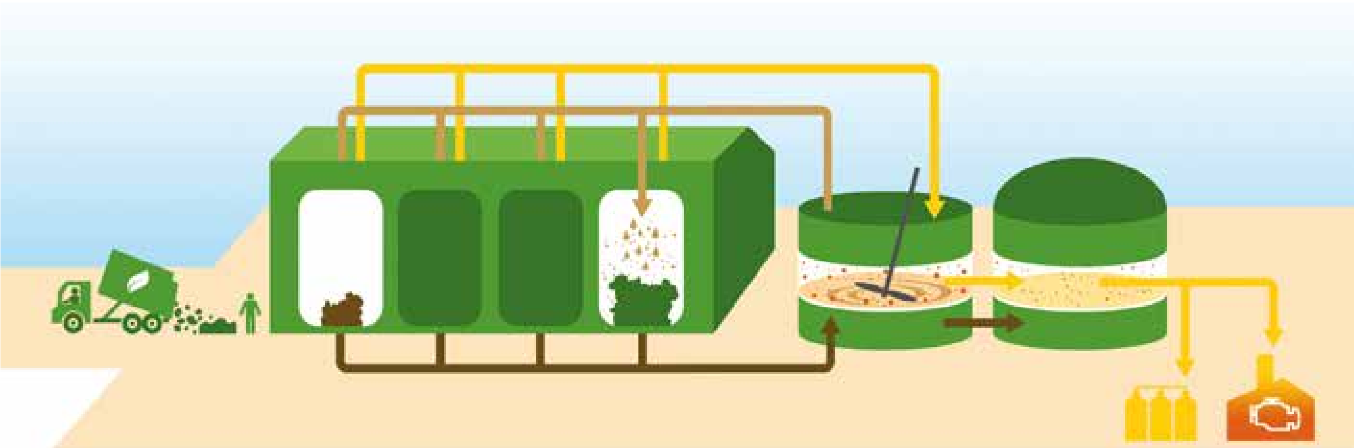


Tabla 2. Caracterización físico química de los RSO del comedor universitario de la Universidad de Sonora.

Parámetro	Valores iniciales (%)
Sólidos totales (ST)	21.20
Sólidos fijos (SF)	3.53
Sólidos volátiles totales (SVT)	13.91
Grasas	4.06
Humedad	74
Materia orgánica	23.35
pH	5.15 (adimensional)
Hidrógeno	1.55
Nitrógeno (N)	3.68
Carbono (C)	9.7
C/N	2.63 (adimensional)

La composición de los residuos orgánicos se encontró muy variada de acuerdo al tipo de comida preparada en el día de la recolección. Se encontró gran cantidad de productos de origen vegetal, harinas, productos cárnicos. Se encontró un porcentaje de humedad de los residuos de un 74% y un porcentaje de sólidos totales de 21.20% en peso. El alto contenido de humedad y de las fracciones orgánicas (SVT) de los RSO lo hace susceptible para el tratamiento anaerobio, ya que la etapa de hidrólisis que generalmente es un paso limitante en la digestión anaerobia no inhibe el proceso por la alta cantidad de líquidos [5].

ANÁLISIS DE DATOS

Actividad metanogénica especifica (AME) de los RSO

Es una medida experimental de la capacidad de la materia orgánica y del sustrato para generar metano (CH_4). En el cual, éste procedimiento indica la cantidad de CH_4 como demanda química de oxigeno (DQO) que se produce por unidad de biomasa por día, y que se expresa en $gDQO_{CH4}/gSSV \cdot d$ dónde SSV representa la cantidad de gramos de sólidos suspendidos volátiles de la muestra a estudiar. El CH_4 producido se calcula por desplazamiento del líquido, en este caso, NaOH [6].

El volumen de gas producido con respecto al tiempo fue calculado tomando en cuenta la temperatura de la cinética y la presión atmosférica de la ciudad de Hermosillo, Sonora. La AME está descrita por la ecuación 1:

$$AME = \frac{m}{\frac{\gamma CH4}{DQO} \cdot X} \qquad \text{Ecuación 1}$$

En donde:

Pendiente = m = $\frac{LCH_4}{d}$ (STP)

Biomasa = X = $\frac{gSSV}{L}$

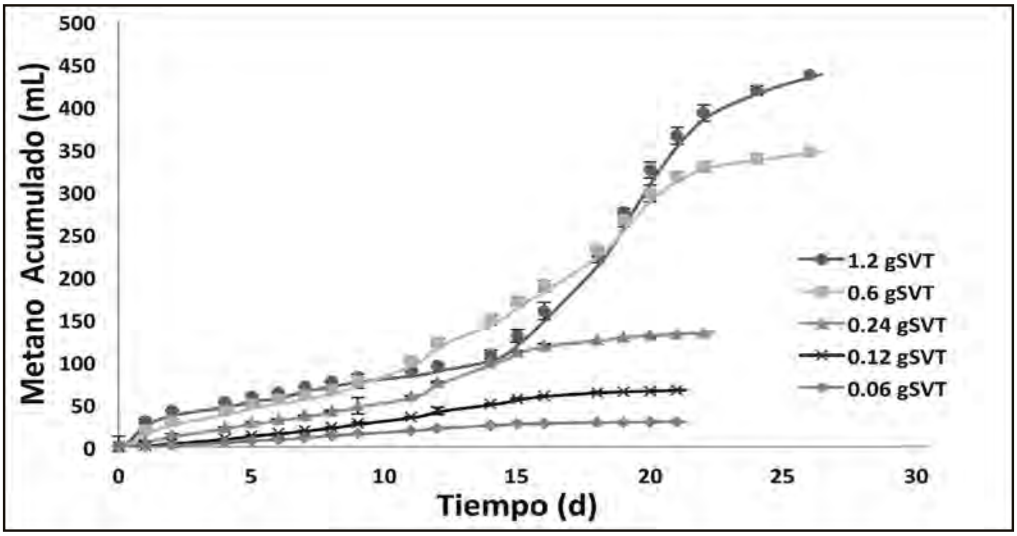
Conversión de metano= $\frac{m}{\frac{\gamma CH4}{DQO}} = 0.35 = \frac{LCH_4}{gDQO}$

Desde el reactor biológico se conecta a una botella invertida que contiene una sustancia alcalina a base de NaOH al 5%, por medio de una manguera, la cual funciona como botella de Mariotte; esta botella está tapada con un tapón de caucho, tiene dos agujas hipodérmicas a una de las cuales se le conecta la manguera que transporta el biogás proveniente del reactor. Debido al alto valor de pH contenido de la botella, el CO_2 queda retenido en la sustancia alcalina, mientras que el metano no se disuelve, genera un desplazamiento del líquido, el cual representa el volumen de CH_4 contenido en el biogás [7].

Potencial bioquímico de metano

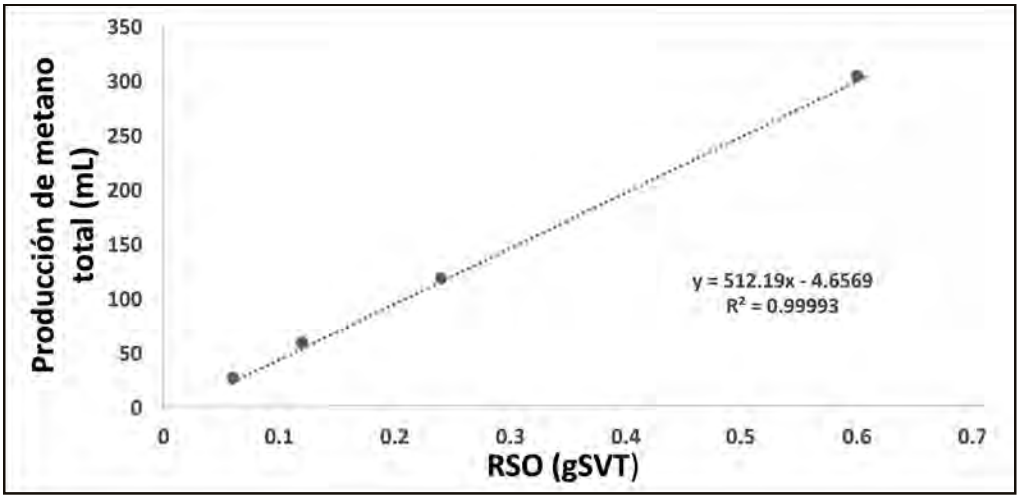
La producción de biogás en las botellas serológicas fue medido por 30 días. La concentración de los RSO afectó la producción de metano. En la Figura 3 se observa que al incrementar la concentración de los SVT aumenta la producción de metano, logrando una producción máxima de 437 mL en la concentración de 1.2 gSVT a los 26 días. En las concentraciones de 0.6 y 1.2 gSVT se observó un aumento en la velocidad de producción de metano partir del día 15, posiblemente debido a una adaptación de las bacterias anaerobias a la alta concentración de materia orgánica [8].

Figura 3. Evolución de la producción de metano a concentraciones crecientes de los RSO (gSVT).



Con base en los volúmenes totales de CH_4 producido en cada uno de los ensayos se observó que la producción fue directamente proporcional a las concentraciones de los RSO añadidas hasta 0.6 gSVT (Figura 4), mientras que a la concentración de 1.2 la producción de metano disminuyó (dato no mostrado); y de acuerdo al comportamiento lineal mostrado en la figura 4 se determinó que la producción de CH_4 fue de 512 mL por gramo de SVT inicial de RSO. Tomando en cuenta el contenido de los SVT en los residuos orgánicos se estimó una producción total de 71 m^3 de metano por tonelada de RSO. Estos datos son superiores a los reportados por Thomas et al., [9] quienes reportaron una producción de 260 mL de metano por gramo de SVT así como 40 m^3 de metano por tonelada de desechos de alimentos.

Figura 4. Producción total de metano por gramos de SVT inicial de los RSO.



De acuerdo a la producciones exponenciales de metano observados en la figura 3, se determinaron las actividades metanogénicas específicas ($gDQO_{CH4}/gSSV \cdot d$) para cada una de las concentraciones probadas. En la figura 5 se observa que al aumentar la concentración de los SVT aumenta la actividad metanogénica siguiendo una cinética de primer orden, el cual está descrito por la siguiente ecuación (Ecuación 2):

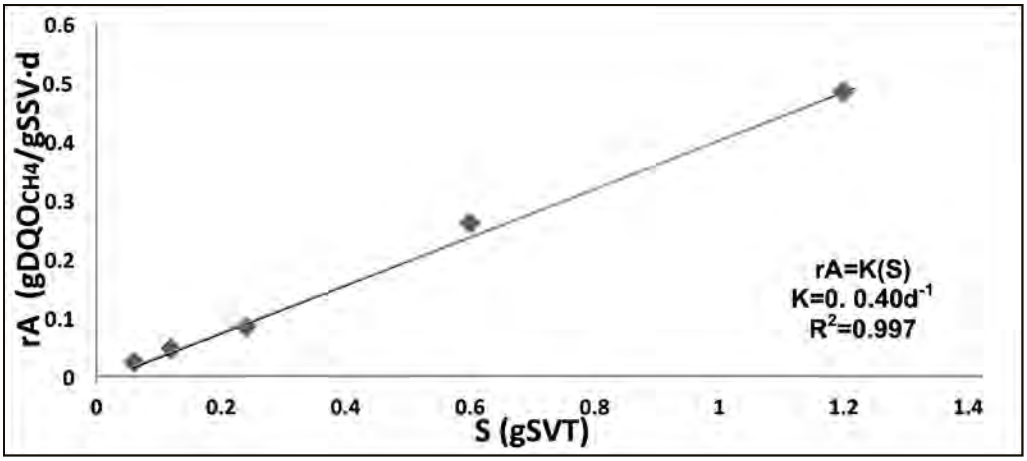
$$rA=K(S) \qquad (2)$$





Donde rA es la actividad metanogénica especifica ($gDQO_{CH4}/gSSV \cdot d$), K es la constante de reacción (d^{-1}), S es la concentración del sustrato (gSVT). En este caso, una línea recta con una pendiente igual a K y un intercepto en el eje "y" igual a cero expresa el efecto de la concentración de los RSO en la actividad metanogénica específica. La figura 5 ilustra la influencia de la concentración de los RSO en la actividad metanogénica en donde la línea recta teórica obtenida con el intercepto igual a cero indica que un modelo de primer orden describe satisfactoriamente los datos experimentales. La pendiente obtenida, el cual representa el valor de la constante de reacción (K) fue de 0.40 d^{-1} con un ajuste de R^2 igual a 0.997. Este modelo de primer orden predice con precisión el comportamiento de la cinética del potencial bioquímico de metano, mostrando desviaciones inferiores al 5% entre los valores experimentales y teóricos de la AME.

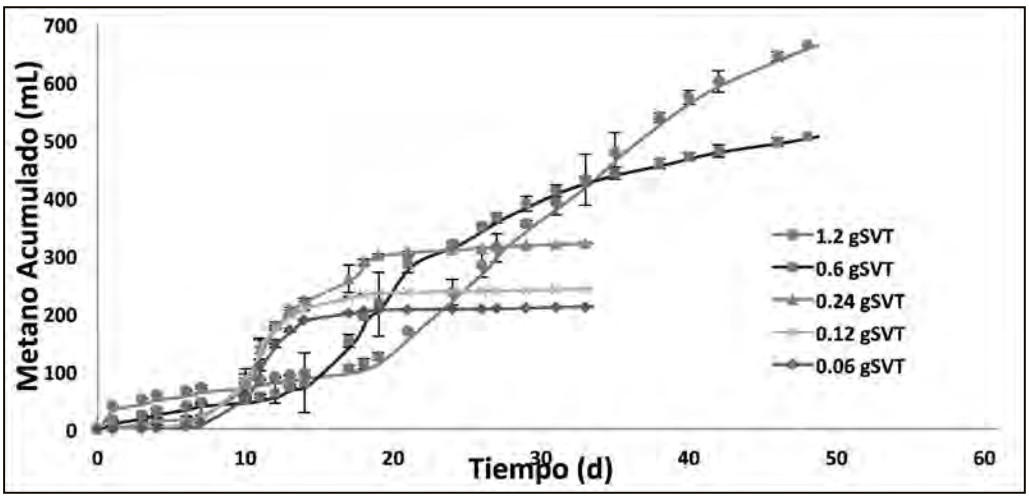
Figura 5. Cinética de primer orden de la AME a diferentes concentraciones de los RSO.



ENSAYOS DE TOXICIDAD

En la figura 6 se muestra el efecto de la concentración de los RSO en la producción de metano de las bacterias metanogénicas acetoclásticas, en donde a bajas concentraciones (0.06 a 0.24 gSVT) se observó una fase de retardo de siete días, mientras que la fase exponencial comenzó a partir del día 10 con una producción de metano máxima de 300 mL en la concentración de 0.24 gSVT. Por otro lado, en altas concentraciones la fase exponencial empezó a partir del día 14, con producciones máximas de metano de 505 y 663 mL para 0.6 y 1.2 gSVT respectivamente.

Figura 6. Efecto de la concentración de los RSO en la producción de metano de las bacterias metanogénicas acetoclásticas.

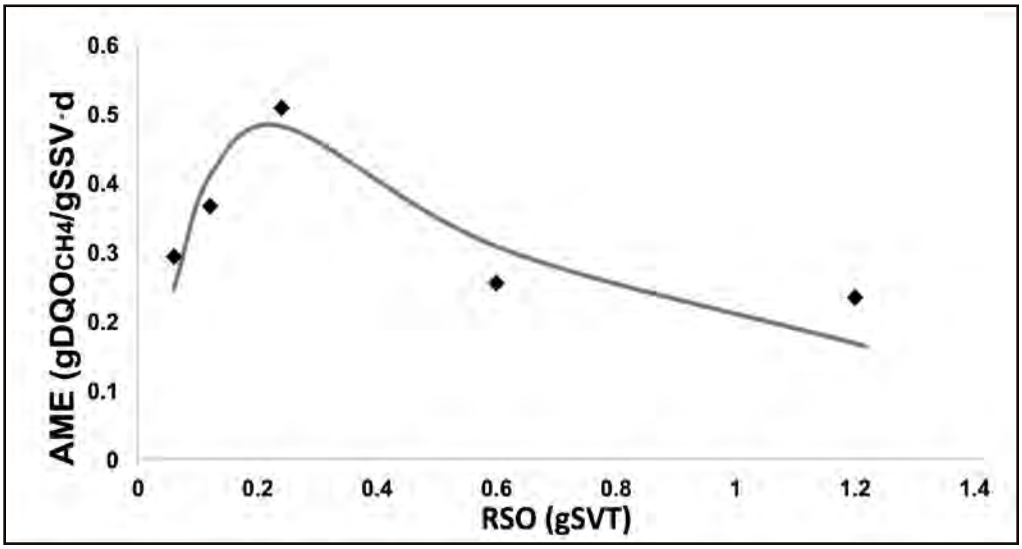


Con respecto a las producciones exponenciales de metano observado en la figura 6, se determinaron las actividades metanogénicas específicas para cada una de las concentraciones probadas. Las altas concentraciones de los RSO afectó la actividad de las bacterias metanogénicas acetoclásticas. A bajas concentraciones se observó un aumento gradual de la actividad metanogénica con las concentraciones de 0.06 a 0.24 gSVT con un máximo de 0.06 $gDQO_{CH4}$/gSSV·d, mientras que a altas concentraciones la AME disminuyó un 56%. Los datos experimentales se ajustaron al modelo de Haldane (Ecuación 3) el cual es uno de los más utilizados en pruebas de inhibición por sustrato [10], relaciona la velocidad del crecimiento microbiano con la concentración del sustrato inhibitorio, en este caso, la degradación del sustrato es disminuida por la elevada concentración del mismo y la mayoría de los sustratos no sufren posterior degradación [11]., de acuerdo al modelo se obtuvo una μmax de $0.50d^{-1}$, Ks de 0.021 g/L y una Ki de 0.46 g/L con un ajuste de R^2=0.9041. La constante de inhibición representa la concentración alta de sustrato en donde la μ = 1/2 y Ks representa la concentración baja de sustrato donde μ=1/2 [10]. Los valores teóricos del modelo de Haldane fueron estimados mediante la herramienta Solver en una hoja de cálculo de Excel.

$$\mu = \mu max \cdot \frac{S}{Ks + Ki \cdot S^2} \qquad (3)$$

Donde:
μ = Velocidad específica de crecimiento (AME)
μmax = Velocidad máxima de la actividad
S = Sustrato RSO (gSVT)
Ki = Constante de inhibición del sustrato
Ks = Constante de saturación del sustrato

Figura 7. Ajuste del modelo de Haldane en la inhibición por sustrato de las bacterias acetoclásticas.



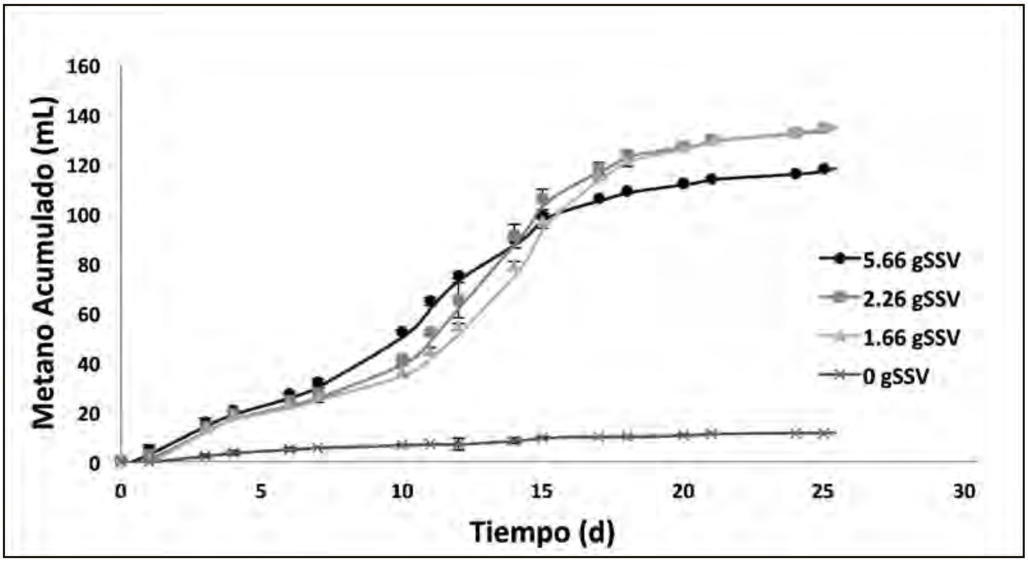


Efecto de los niveles de inóculo en la producción de metano

En la figura 8 se observa el efecto de la adición de biomasa sobre la producción de metano de los residuos orgánicos. La cantidad de materia orgánica utilizada para cada ensayo fue de 0.24 gSVT. Mientras que la cantidad de inóculo varió de 0 a 5.66 gSSV. La producción de metano es proporcional a los niveles de biomasa. Sin biomasa, se observó una baja producción de metano de 11 mL a los 24 días, mientras que en niveles superiores (1.66 a 5.66 gSSV) se presentó un aumento en la producción de metano logrando una producción máxima de 134 mL en el día 24.

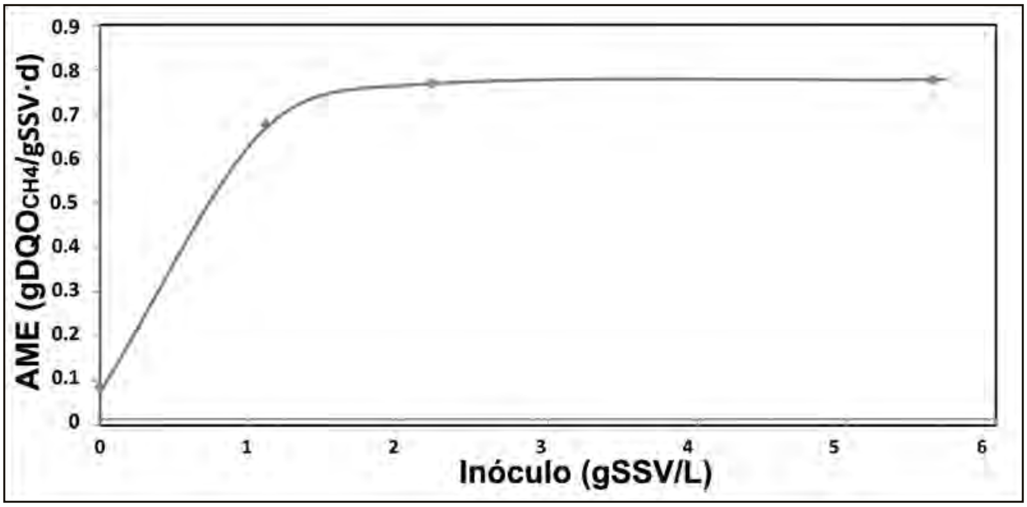


Figura 8. Efecto de niveles de inóculo en la producción de metano de los residuos sólidos orgánicos.



Con base en las producciones exponenciales de metano observado de la figura 8, se determinaron las actividades metanogénicas específicas para cada una de las concentraciones probadas. Con el objetivo de observar el efecto de los niveles de inóculo en las actividades. Sin adición del inoculo la AME fue casi nula con un valor de 0.072 $gDQO_{CH4}$/gSSV·d, y se incrementó a 0.67 al aumentar el nivel de biomasa a 1.13 gSSV/L, posteriormente la actividad se estabilizó en 0.76 $gDQO_{CH4}$/gSSV·d, en los subsecuentes niveles probados, por lo tanto, es recomendable trabajar con niveles de biomasa alrededor de 1.5 gSSV/L.

Figura 9. Efecto de los niveles de inoculo en la actividad metanogénica específica durante la producción de metano de los RSO.



CONCLUSIONES

La caracterización de los RSO presentó un elevado contenido de humedad lo cual es favorable para solubilizar la materia orgánica susceptible a la biometanización. También presentó un contenido rico en materia orgánica y nitrógeno entre otros elementos que satisfacen las necesidades de crecimiento y producción de metano de las bacterias anaerobias.



El potencial bioquímico de metano es un método valioso para evaluar la máxima producción de metano de los RSO además de su biodegradabilidad, así como su tasa específica de biometanización. La fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos del comedor universitario tiene un potencial de producción de 71 m^3 de metano por tonelada de RSO lo cual es superior a lo reportado en la literatura.

Las altas concentraciones de los RSO (0.6-1.2 gSVT) afectó la actividad de las bacterias metanogénicas acetoclásticas por lo que se debe cuidar la carga orgánica utilizada para evitar inhibición por sustrato de éstas bacterias las cuales son las que realizan el 70% de la producción de metano.

Es importante utilizar una cantidad adecuada de inóculo para optimizar el proceso. La producción de metano incrementó con el aumento de los niveles de biomasa. Los resultados de este trabajo se demuestra que se requiere una baja cantidad de biomasa (1.5 gSSV/L) y en concentraciones superiores no se favoreció el proceso.

La producción de metano de los RSO es viable para su utilización como fuente de energía y a su vez contribuye a la sustentabilidad ambiental. Los resultados de las pruebas del potencial bioquímico de metano pueden ser utilizados para la calibración de modelos matemáticos y simular los procesos de digestión con el fin de predecir el comportamiento de digestores a escala real.

La biometanización presenta resultados prometedores que deben ser objeto de mayores estudios como el seguimiento de metabolitos primarios y secundarios durante la metanización, así como investigar nuevos diseños para optimizar el proceso.

RECONOCIMIENTOS

Al Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad de Sonora, por otorgar el espacio y los apoyos para realizar este experimento; a la profesora Q.B. María Elena Ochoa Landín por su apoyo en las técnicas analíticas para la caracterización de los residuos.

BIBLIOGRAFIA

[1] Elías X. (2009). Reciclaje de Residuos Industriales, residuos sólidos urbanos y fangos de depuradora. 2da edición.

[2] López M., Espinoza M., Martinez V., Ramos C., Pellón A. (2003). Desarrollo y Tendencias en la Gestión de los Residuos Sólidos Urbanos. Centro Nacional de Investigaciones Científicas.

[3] JRC (2011). Supporting Environmentally Sound Decisions for Bio-Waste Management.-A practical guide to Life Cycle Thinking (LCT) and Life Cycle Assessment (LCA) in the context of bio-waste management. JRC Scientific and Technical Reports. European Union. Joint Research Centre (JRC). Institute for Environment and Sustainability (IES).

[4] Canvinato, C., Bolzonella, D., Pavan, P., Fatone, F., Cecchi, F. (2013). Mesophilic and thermophilic anaerobic co-digestion of waste activated sludge and source sorted biowase in pilot and full-scale reactors. Renewable Energy (55) 260-265.

[5] Juanga J. P. (2005). Optimizing Dry Anaerobic Digestion of Organic Fraction of Municipal Solid Waste. Master Thesis. Asian Institute of Technology. Thailand 2005.

[6] ZEEUW.W (1987). Granular sludge in USAB reactors, Proceding of the gasmat workshop. Lungstem Netherlands.

[7] Sterling (1989). (Citado de: López G., Método no convencional de medición de gases en la digestión anaerobia. Estimación del porcentaje de metano presente en el biogás) [En línea] [Consulta: 28 de junio de 2014]. Disponible en: http://cidc.udistrital.edu.co/investigaciones/documentos/revistacientifica/rev5/vol1/1Gases.pdf.

[8]. Speece R. E. (1996). Anaerobic Biotechnology for Industrial wastewaters Archae press USA.

[9] Thomas S., Burns R., Raman R., Moody L. (2010). "Approaches for Selecting Anaerobic Digestion Co-Substrates for a Full-Scale Beef Manure Digester Using Biochemical Methane Potentials and Anaerobic Texicity Assays". Agricultural and Biosystems Engineering Conference Proceedings and Presentations. Paper 57.

[10] Rigo M., Monte R., Vidal J., Coelho N., Gaspar R. (2010). Catechol Biodegradation Kinetics Using Candida Parapsilosis. Universidae Estadual de Campinas. SP Brasil.

[11] Autenrieth R. L., Bonner J.S., Akgerman A.,Okaygun M. y McCreary E.M. (1991). Biodegradation of phenolic wastes. J. Hazard. Mat. 28 : 29-53.

PRESENCIA DE HONGOS EN EL AIRE DE AULAS DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA DE LA UNIVERSIDAD DE SONORA, UNIDAD CENTRO

Presence of fungi in the air inside the classrooms at the department of chemical engineering and metallurgy of the university of sonora, unit center

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Gilberto García Navarrete[1]
Griselda Adilene Sánchez Cubedo[2]
Sylvia Lorenia López Mazón[3]
María Elena Ochoa Landín[4]
Virgilio Rubio Nieblas[5]

Recibido: 18 de marzo de 2016,
Aceptado: 31 de mayo del 2016

Autor de Correspondencia:
M. C. Gilberto García Navarrete
Correo: ggarcian@iq.uson.mx

Resumen

En este trabajo se evaluó la presencia de hongos en el aire de aulas del Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia, recolectándose 90 muestras utilizando el método pasivo en cajas Petri de 90 mm de diámetro, que contenían Agar Sabouraud Dextrosa. Para identificar el tipo de hongo se preparó un frotis, de acuerdo a la técnica de Impronta. Se determinó la forma y ordenamiento característico de las esporas.

Los hongos encontrados fueron Alternaria sp., Aspergillus flavus, Aspergillus niger, Cladosporium sp., Drechslera sp., Penicillium sp., y Fusarium sp. De acuerdo al número de unidades formadoras de colonias (UFC) registradas durante los días de monitoreo, los mayores recuentos se encontraron en el turno matutino, antes del inicio de actividades. Además, se observó que el muestreo matutino del día Lunes presentó la mayor cantidad de UFC en las diferentes aulas, lo cual se atribuye principalmente a la inactividad en el fin de semana.

Palabras clave: hongos, esporas, UFC.

Abstract

This article evaluates the presence of fungi in the air inside the classrooms at the Department of Chemical Engineering and Metallurgy. Ninety samples were collected using the passive method in Petri dishes, containing Sabouraud dextrose agar. An imprint smear was prepared to identify the type of fungus. Characteristic shape and arrangement of spores was determined.

Fungi found include Alternaria sp., Aspergillus flavus, Aspergillus niger, Cladosporium sp., Drechslera sp., Penicillium sp. and Fusarium sp. According to the number of colony-forming units (CFU) registered during the monitoring days, the highest fungal counts were found in the morning shift, before activities began. Additionally, it was observed that the morning sampling performed on Monday showed the highest number of CFU in different classrooms, due mainly to the inactivity of the weekend.

Keywords: *Fungi, spores, CFU.*

1 Depto. de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora / Correo: ggarcian@iq.uson.mx
2 Depto. de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora
3 Depto. de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora / Correo: sllopez@iq.uson.mx
4 Depto. de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora / Correo: meochoa@iq.uson.mx
5 Depto. de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora / Correo: virgil@iq.uson.mx

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire interior se caracteriza por una gran variedad de concentración de contaminantes en diferentes ambientes interiores, variando espacial y temporalmente. Entre otros factores tenemos el comportamiento de los ocupantes del espacio pero también las condiciones de ventilación [1]. La supervivencia, reproducción y dispersión hacia el aire de los contaminantes biológicos dependen, en gran medida, de las condiciones del entorno en que se encuentran. Factores tales como la temperatura, la humedad relativa, el movimiento del aire, la luz y las fuentes de alimento, van a determinar el grado en que los contaminantes biológicos se encontrarán en un ambiente [2].

Los hongos representan un creciente problema en nuestra sociedad como organismos contaminantes en superficies interiores de los edificios y como patógenos para la salud humana [3]. Los problemas asociados con la calidad del aire interior se relacionan con los hongos ya que los resultados de análisis micológico de aire, realizados en edificios de varios países han demostraron que los hongos representan alrededor del 70% de la contaminación microbiana del aire interior, es decir, la contaminación biológica del aire interior es ocasionada principalmente por hongos, incluyendo a los hongos filamentosos y a las levaduras [4]. Dados los riesgos que los hongos representan, se han realizado varias investigaciones relacionadas con ellos y el contacto que los seres humanos puedan tener con los mismos. Diversos estudios han reportado que la contaminación del aire interior de los espacios escolares puede aumentar, a largo y corto plazo, los problemas de salud en los estudiantes y profesores en lo que respecta al confort, la productividad y desempeño académico [1, 5].

En una investigación se evaluó la calidad microbiológica del aire interior en aulas de edificios de universidades seleccionados en el centro de Poznan, Polonia, donde miles de personas permanecen varias horas estudiando y trabajando en áreas cerradas todos los días y donde la calidad del aire puede influenciar su salud y condición física [6]. Además, en Wroclaw, Polonia se realizó una investigación para evaluar el grado de contaminación micológica del aire en habitaciones de albergues de estudiantes [4].

En un trabajo de sedimentación en placa para determinar la presencia de hongos en ambientes de bibliotecas de la Universidad de Carabobo en Valencia Venezuela se encontraron con mayor frecuencia *Geotrichum sp.*, *Cladosporium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Circinella sp.* y *Zigomicetes* tanto en ambiente como en libros. La temperatura y humedad relativa promedios durante este estudio fueron de 26.6 °C y 57.06% respectivamente [7]. Por otra parte, en una investigación realizada en el ambiente de 15 bibliotecas de la Universidad Autónoma de Sinaloa fueron identificadas las cepas de 11 géneros de hongos, entre los que tenemos: *Rhizopus.*, *Fusarium*, *Bipolaris*, *Aspergillus*, *Alternaria*, *Curvularia*, *Penicillium*, *Aerobasidium*, *Stemphylium*, *Cladosporium* y *Mucor* [8].

Existe mucha variabilidad para establecer un estándar de calidad microbiológica del aire. En Suecia hasta 500 UFC/m^3 para bacterias y de 300 UFC/m^3 para esporas fúngicas puede ser aceptable en ambientes interiores. Sin embargo, en 2001, la Asociación Americana de Higiene Industrial (AIHA) publicó una propuesta de directrices para la cantidad de esporas de hongos en diferentes ambientes interiores, por ejemplo, edificios residenciales y comerciales. La guía para los edificios residenciales son menos de 500 UFC/m^3 y para edificios comerciales menos de 250 UFC/m^3. En Brasil la concentración de microorganismos en el aire (especialmente hongos) en lugares cerrados no debe ser superior a 750 UFC/m^3. En Hong Kong una buena calidad microbiológica del aire debe tener menos de 1000 UFC/m^3 de bacterias. Si se incluye menos de 500 UFC/m^3, el aire se clasifica como excelente. En Singapur, los requisitos para la calidad del aire interior establecen concentraciones de bacterias en el nivel máximo de 500 UFC/m^3 [6].

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la presencia de hongos en ocho aulas del Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad de Sonora durante los meses de noviembre y diciembre de 2014.

METODOLOGÍA

Las aulas consideradas en este estudio fueron ocho de las nueve aulas del Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de la Unidad Centro en los edificios 5E (planta alta y baja) y 5I (planta alta); la figura 1 muestra el aspecto general de una de estas aulas, mientras que en la tabla 1 se presenta un resumen descriptivo de las mismas.



Figura 1. Aspecto general de una de las aulas del estudio.

Tabla 1. Descripción general de las aulas del estudio.

AULA	5E-101	5E-102	5E-103	5E-201	5E-202	5I-201	5I-202	5I-203
Alumnos por aula	40	40	40	35	35	40	30	30
Capacidades								
Superficie (m^2)	72.95	72.95	72.95	48.27	48.27	49.2	35.93	35.93
Volumen (m^3)	175.80	175.80	175.80	128.87	128.87	138.75	101.31	101.31
m^2 por alumno	1.82	1.82	1.82	1.38	1.38	1.23$^{\Delta}$	1.20$^{\Delta}$	1.20$^{\Delta}$
Aire acondicionado								
Minisplit	(2) 2 ton c/u	(2) 2 ton c/u	(2) 2 ton c/u	(2) 2 ton c/u	(2) 2 ton c/u	(1) 4 ton c/u	(1) 4 ton c/u	(1) 4 ton c/u
Superficie ventanas (m^2)	2.85	2.85	2.85	2.88	2.88	3.01	1.07	1.98
Extracción y ventilación mecánica								
Equipo	No	No	No	No	No	No	No	No
Recambio de aire por hora$^{\lozenge}$	6.5 veces volumen aula	6.5 veces volumen aula	6.5 veces volumen aula	7.8 veces volumen aula	7.8 veces volumen aula	8.3 veces volumen aula	8.5 veces volumen aula	8.5 veces volumen aula
Iluminación								
Focos	12 de neón de 28 watt	12 de neón de 28 watt	12 de neón de 28 watt	12 de neón de 28 watt	12 de neón de 28 watt	8 de neón de 28 watt	8 de neón de 28 watt	6 de neón de 28 watt

Fuente: Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia y levantamiento de campo.

$^{\Delta}$ Por debajo de lo que establece el Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa (INIFED) para escuelas de media superior 1.35 m^2/alumno.

$^{\lozenge}$ Estimado a partir del volumen total del aula, número de alumnos y el requerimiento de ventilación por persona de 8 L/s (28.8 m3/h) establecido por la ASHRAE [9] para un aula de clase.

Días previos al análisis se prepararon cajas de Petri conteniendo medio de cultivo agar Sabouraud marca Difco, las cuales se expusieron a temperatura ambiente de 15 a 20 minutos antes de llevar a cabo el muestreo. La recolección de muestras en las aulas se realizó mediante el método pasivo, durante los días de actividad académica. Se colocó una caja Petri en el centro de cada aula durante cinco días de diferentes semanas tanto en la mañana como en la tarde. El tiempo de exposición de las cajas Petri con el medio fue de 30 minutos a una altura de 1.0 m. Pasado el tiempo de exposición, se recolectaron las diferentes cajas, tapándolas cuidadosamente y llevándolas a una incubadora marca Felisa Modelo 132, misma que estaba a una temperatura de 28°C.

Diariamente, se monitoreó el crecimiento fúngico en las placas y se contaron las unidades formadoras de colonias (UFC) en cada placa. Alrededor del tercer o cuarto día, el tamaño de los hongos fue el apropiado para poder realizar frotis. Los frotis se observaron con un microscopio óptico marca Leica Modelo CME para diferenciar la forma y ordenamiento característico de las esporas, considerando los aspectos distintivos contenidos en la tabla 2 [10].



Tabla 2. Características distintivas de algunos hongos [10].

Hongo	Color y tonalidad de colonias	Forma	Estructura
Alternaria sp.	Marrón-gris oscuras o verdes a negras	Los conidios tienen tabiques horizontales y longitudinales	Los conidios aparecen en cadenas tienen un color marrón dorado
Aspergillus flavus	Habitualmente amarillas o amarillo-verdes	Vesículas redondas, esporulación en toda la superficie	Puede haber fiálides solas o con métulas (biseriado)
Aspergillus niger	Negras	Vesículas esféricas	Biseriado-métulas grandes y fiálides más pequeñas
Cladosporium sp.	Tonalidad oscura verde oliva, gris o marrón	Conidios elípticos. Algunos tienen forma de escudo debido a los disyuntores (cicatrices)	Conidios en cadena
Drechshlera sp.	Marrón negruzco similar a *Alternaria sp.*	Sus conidios son cilíndricos de paredes lisas, separados por tabiques transversales en 4 o más células, redondeados en los extremos	Los conidióforos están retorcidos
Fusarium sp.	Propensión a producir pigmentos color lavanda, púrpura o rojo-rosado	Las macroconidias son cilíndricas, multicelulares y con forma de hoz	Presencia de macroconidias y también de microconidias en los mismos aislamientos
Penicillium sp.	Habitualmente se observan tonalidades de verde, azul-verde o verde marrón. Puede haber colonias amarillas y marrones	La superficie de la colonia es aterciopelada a pulverulenta. Las cabezas de las colonias parecen cepillos o dedos	Fiálides con extremos romos que dan origen a cadenas de conidias

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los hongos identificados en el monitoreo del aire interior de las aulas del Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia fueron los que se presentan en la figura 2. La temperatura durante el monitoreo matutino varió de 5.35°C a 17.19°C, mientras que en el monitoreo vespertino se tuvieron temperaturas entre 24.78°C y 32.94°C. La humedad relativa por su parte fluctuó de 41.4% a 100% en el monitoreo matutino y de 7.98% a 52.36% en el vespertino.



Alternaria sp.



Aspergillus flavus



Aspergillus niger



Cladosporium sp.



Drechslera sp.



Fusarium sp.



Penicillium sp.

Figura 2. Hongos identificados en el aire interior de las aulas del Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia.

Para evaluar el comportamiento de cada aula durante el monitoreo matutino y vespertino se presentan las figuras 3 y 4 respectivamente.



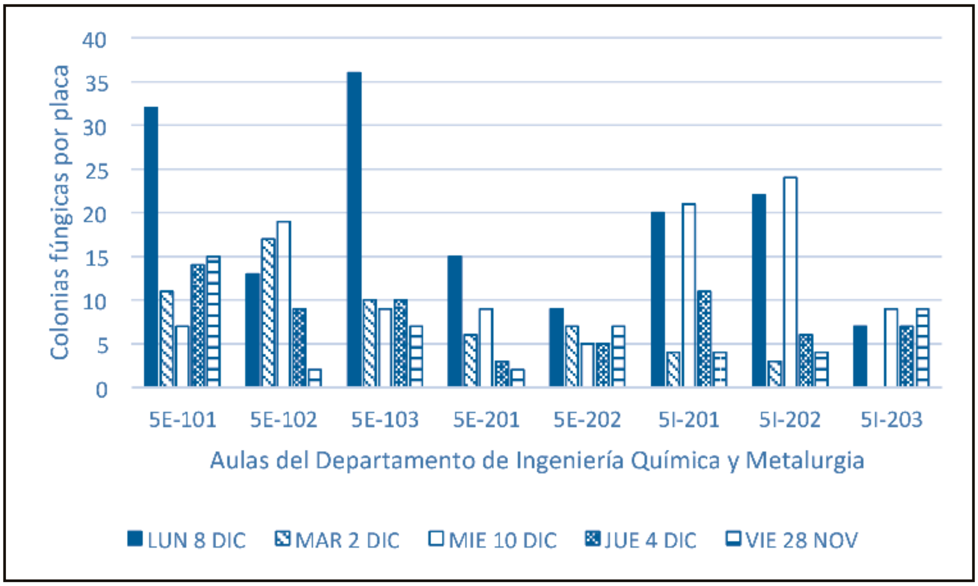


Figura 3. Colonias fúngicas por placa durante el monitoreo matutino.

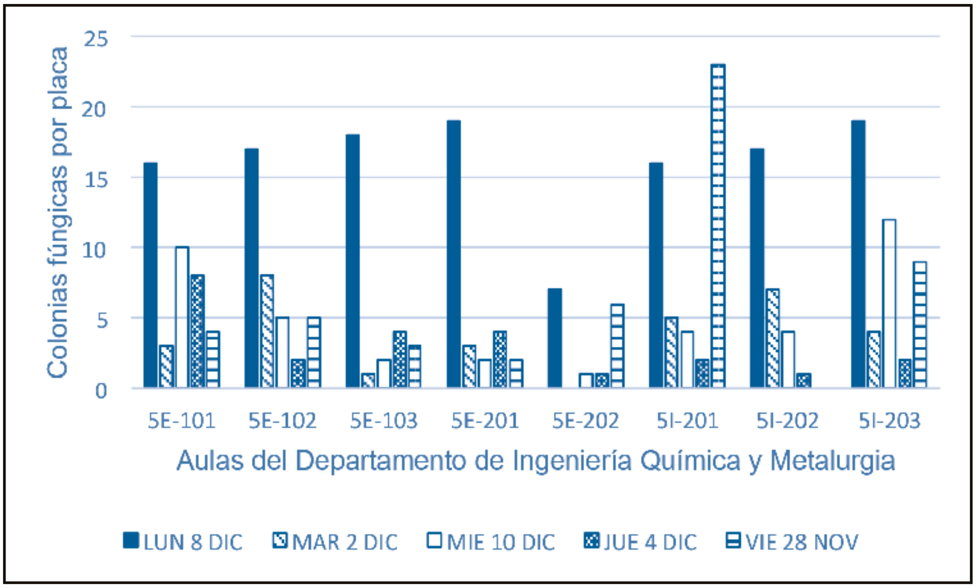
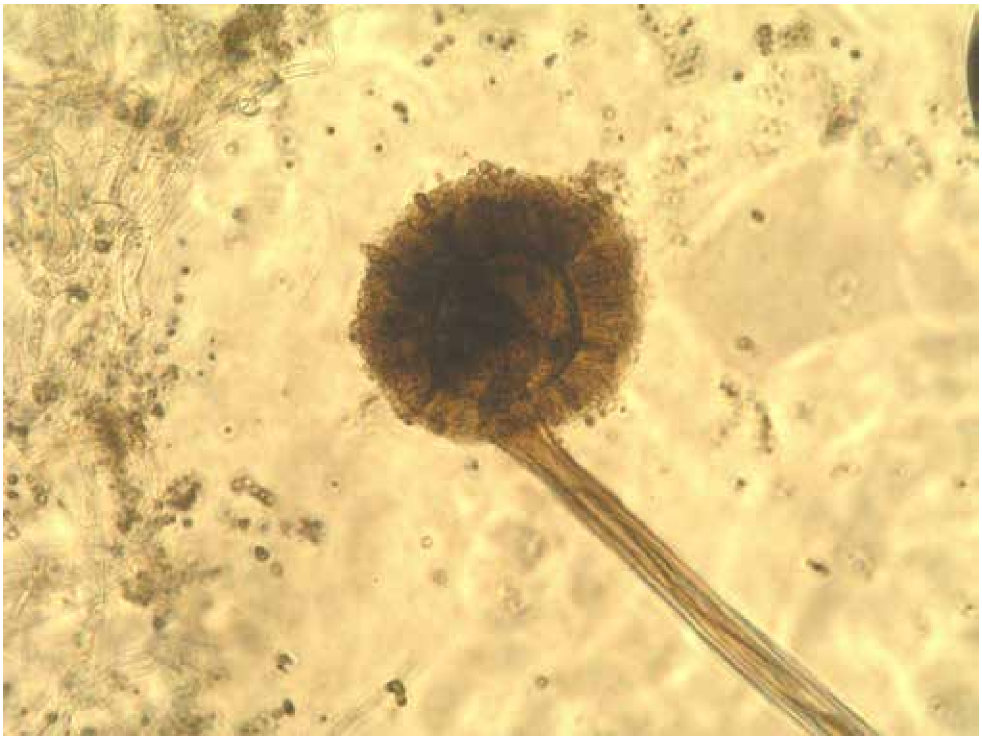


Figura 4. Colonias fúngicas por placa durante el monitoreo vespertino.

En la figura 3 que corresponde al registro de colonias fúngicas durante el monitoreo matutino se presentan valores de conteo mayores para el día lunes 8 de diciembre en las aulas 5E-101, 5E-103, 5E-201 y 5E-202. Los mayores conteos en el aula 5E-102 se realizaron el miércoles 10 y martes 2 de diciembre con valores de 19 y 17, respectivamente, los cuales no están muy alejados de la cantidad obtenida para el día lunes 8 de diciembre de 2013. En las tres aulas del edificio 5I se presentó un comportamiento similar con los mayores valores el día miércoles 10 de diciembre aunque no muy alejados de los valores del día lunes 8 de diciembre.

De acuerdo a la figura 4 los registros durante el monitoreo vespertino fueron mayores el día lunes 8 de diciembre en todas las aulas excepto en la 5I-201, obteniéndose para el día viernes 28 de noviembre un conteo de 23 UFC mientras que para el lunes 8 de diciembre fue de 16.





En la tabla 3 se presenta la concentración de microorganismos expresada como UFC/m³, estimada de acuerdo a la ecuación [6]:

$$\frac{UFC}{m^3} = \frac{10000\,a}{0.2\,pt}$$

Donde:
a – número de colonias en la caja Petri.
p – área de la caja Petri, cm².
t – tiempo de exposición de la caja Petri.

Tabla 3. Concentración de esporas fúngicas, UFC/m³.

Fecha	28-nov-14		02-dic-14		04-dic-14		08-dic-14		10-dic-14	
Día de la semana	Viernes		Martes		Jueves		Lunes		Miércoles	
Aula/Turno	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V
5E-101	393	105	288	79	367	210	838	419	183	262
5E-102	52	131	445	210	236	52	341	445	498	131
5E-103	183	79	262	26	262	105	943	471	236	52
5E-201	52	52	157	79	79	105	393	498	236	52
5E-202	183	157	183	0	131	26	236	183	131	26
5I-201	105	602	105	131	11	52	524	419	550	105
5I-202	105	0	79	183	157	26	576	445	629	105
5I-203	236	236	131	105	183	52	183	498	236	314

$p = 63.63$ cm². $t = 30$ minutos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los géneros encontrados son los que típicamente se encuentran en el aire interior de sitios similares, son oportunistas y generan toxinas que pueden afectar la salud del ser humano.

De acuerdo a la diversidad de estándares para la calidad microbiológica del aire y a las concentraciones estimadas, es posible concluir que con respecto a la Asociación Americana de Higiene Industrial (AIHA) se estaría por encima del límite para edificios comerciales de 250 UFC/m^3. Mientras que de acuerdo a otras especificaciones se está dentro de los límites de buena calidad del aire entre 500 y 1000 UFC/m^3.

Durante los días de monitoreo, la mayor concentración de hongos se encontró en general en el turno matutino, antes del inicio de actividades. La mayoría de las aulas presentó mayores registros fúngicos el día lunes 8 tanto en el monitoreo matutino como en el vespertino. Lo anterior se atribuye principalmente por la inactividad que se tiene por los fines de semana y la falta de ventilación adecuada.

Existen varios factores que no fueron posible controlar como fue el caso de la permanencia de aulas abiertas o cerradas (políticas de control de bienes en las aulas) en los intervalos entre clase y clase, además del transporte fúngico por parte de alumnos. Esto último además de influir en el conteo de hongos, también hizo muy variable los requerimientos de recambios de aire por aula. Para este estudio varió de 6.5 a 8.5 veces el volumen del aula en una hora de acuerdo a la capacidad máxima de alumnos reportada.

Es conveniente hacer notar que el muestreo abarcó parte del periodo de evaluaciones ordinarias, aunque en algunas aulas se seguían impartiendo clases, por lo que el comportamiento de actividad y limpieza de las aulas fueron factores importantes a tomar en cuenta en posteriores estudios. Por esto se recomiendan investigar mejores diseños de las instalaciones escolares, instalando y mejorando los sistemas de extracción y ventilación que permitan realizar los recambios de aires requeridos para instalaciones cerradas.

BIBLIOGRAFÍA

[1] De Gennaro, G., Rosario, D. P., Demarinis, L., Di Gilio, A., Giungato, P., Tutino, M., Marzocca, A., Mazzone, A., Palmisani, J. & Porcelli, F. "Indoor Air Quality in Schools". *Environmental Chemistry Letters*. Vol. 12, p. 467-482. 2014.

[2] Bitton, G. *Wastewater Microbiology*. Ed. John Wiley & Sons, 3th. Edition, págs. 377 y 378. 2005.

[3] Brul, S., & Klis, F. M. Mechanistic and mathematical inactivation studies of spoilage fungi. *Fungal Genetics and Biology*, vol. 27, págs. 199-208. 1999.

[4] Ogórek, R., Plaskowska, E., Kalinowska, K., Fornalczy, P., Misztal, A., & Budziak, J. "The analysis of mycological air pollution in selected rooms of students hostels". *Medical Mycology*. Volumen 18, p. 201-210. 2011.

[5] Buchanan, B. "Sick Buildings, Sick Students". *American School Board Journal*, págs. 48-50. 2007.

[6] Stryjakowska, S. M., Piotraszewska, P. A., Szyszka, A., Nowicki, M. & Filipiak, M. "Micriobiological quality of indoor air in university rooms". *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 16, págs. 623-632. 2007.

[7] Medina, Luis; Tuozzo, Alihomar. Herrera, Judith; Perozo, Yelitza; González, Luis. "Estudio de hongos en bibliotecas de la Universidad de Carabobo-Valencia". *Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico*. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela. Vol. 3, N° 1., 17p. 1999.

[8] Báez Flores, Maria Elena; Gaxiola Medina, Pável; Díaz Camacho, Sylvia Páz; Uribe Beltrán, Magdalena de Jesús; De la Cruz Otero, María del Carmen; Osuna Ramírez, Ignacio and Tiznado Hernández, Martín Ernesto. "Fungal Spore Concentrations in Indoor and Outdoor Air in University Libraries, and their Variations in Response to Changes in Meteorological Variables". *International Journal of Environmental Health Research*. 24(4):320-340. 2014.

[9] ASHRAE. "Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality". ASHRAE Standard 62.1-2004. Atlanta, GA, American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. 2004.

[10] Koneman, E. W. y Roberts, G. D. *Micología práctica de laboratorio*. Editorial Médica Panamericana. Págs. 107-120. 1994.

LA FASE ESPONJA COMO SISTEMA BIOMIMÉTICO PARA CRISTALIZAR PROTEÍNAS DE MEMBRANA

The sponge phase as biomimetic system for crystallizing membrane protein

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Amir Darío Maldonado Arce [1]
Ramón Íñiguez Palomares [2]
Ricardo López Esparza [3]
Gerardo Paredes Quijada [4]
Judith Tánori Córdova [5]

Recibido: 18 de septiembre de 2015,
Aceptado: 22 de febrero del 2016

Autor de Correspondencia:
Dr. Amir Maldonado Arce
Correo: maldona@guaymas.uson.mx

Resumen

En este trabajo se describe de manera general la importancia de la cristalización de proteínas para realizar experimentos de difracción de rayos X que permitan dilucidar la estructura terciaria de dichas biomoléculas. En particular, se expone que la cristalización de proteínas de membrana requiere métodos especiales de preparación de la matriz de cristalización puesto que se debe "mimetizar" el ambiente hidrofóbico de la proteína en la membrana. De esta manera, el trabajo se centra en algunas propiedades de la fase líquida de membranas denominada "fase esponja", cuya característica principal es una estructura membranar compleja conectada en tres dimensiones. Debido a su microestructura, la fase esponja es transparente e isotrópica, además de presentar baja viscosidad en las membranas. Estas características convierten a la fase esponja en un medio "biomimético" potencialmente útil para cristalizar proteínas de membrana.

Palabras clave: Fase esponja, biomimética, cristalización, proteínas.

Abstract

This paper describes in general terms the importance of protein crystallization and X-ray diffraction experiments used to elucidate the tertiary structure of these biomolecules. In particular, it is stated that crystallization of membrane proteins requires special methods of preparation of the crystallization matrix since it must "mimic" the hydrophobic environment of the membrane protein. Thus, the work focuses on some properties of the liquid phase of membranes called "sponge phase", whose main feature is a complex structure of membranes connected in three dimensions. Due to their microstructure, the sponge is a transparent, isotropic liquid that have a low viscosity. These features make the sponge phase a "biomimetic" system potentially useful for crystallizing membrane proteins.

1 Departamento de Física, Universidad de Sonora / Correo: maldona@guaymas.uson.mx
2 Departamento de Física, Universidad de Sonora / Correo: ramon.iniguez@gmail.com
3 Departamento de Física, Universidad de Sonora / Correo: ricardo.lopez@correo.fisica.uson.mx
4 Departamento de Ciencias Químico Biológicas, Universidad de Sonora / Correo: gerardo.paredes@guayacan.uson.mx
5 Departamento de Investigación en Polímeros y Materiales, Universidad de Sonora / Correo: jtanori@unison.mx

INTRODUCCIÓN

Un problema central de la biología molecular es la determinación de la estructura tridimensional de proteínas. Esto se debe a que la geometría de dichas moléculas está estrechamente relacionada con su función biológica.

La caracterización estructural de proteínas se lleva a cabo principalmente mediante la técnica de difracción de rayos X, la cual tiene como requisito previo la obtención de cristales macroscópicos de la molécula bajo estudio. Por esta razón, el desarrollo de métodos de obtención de cristales de proteína es un tema científico que presenta gran interés en la actualidad.

En este documento se comentan algunas características del proceso de cristalización de un tipo particular de proteínas: las de membrana. Así mismo, se discuten algunas propiedades físicas relevantes de la "fase esponja", la cual es objeto de estudio como alternativa biomimética para cristalizar proteínas de membrana en un ambiente físico relativamente próximo a una membrana biológica. Biomimética en este sentido, es la "imitación" que hace una membrana modelo (artificial, creada en el laboratorio) de las propiedades de la membrana celular [1]. En la figura 1 se ilustran algunas de estas propiedades.



Figura 1. Algunas propiedades de la membrana celular que pueden "imitarse" por membranas artificiales.

CRISTALIZACIÓN DE PROTEÍNAS DE MEMBRANA

Un cristal de proteínas es un arreglo periódico tridimensional de dichas moléculas. Cuando un haz de rayos X incide sobre el cristal, la periodicidad ocasiona que la difracción de las ondas electromagnéticas ocurra de una manera específica: para ciertos ángulos, la interferencia constructiva de los haces difractados en diferentes capas del cristal resulta en máximos de difracción o "picos de Bragg". De la posición angular de los picos en un patrón de difracción, es posible deducir las diferentes distancias características del cristal, y por lo tanto, la posición de cada átomo en la proteína. De esta manera se han podido determinar las estructuras tridimensionales de proteínas con una resolución hasta de unos pocos Angstroms [2,3].

A manera de ejemplo, en la figura 2 se presenta un esquema de la estructura terciaria de la mioglobina, junto con un cristal de la misma proteína. La mayoría de las estructuras de proteínas reportadas se han determinado por difracción de rayos X. Según el Protein Data Bank, en 2010, el 86.7 % de las estructuras se han obtenido por este método; a comparación con el 13 % por Resonancia Magnética Nuclear (RMN) y menos del 1 % por microscopía electrónica [4].

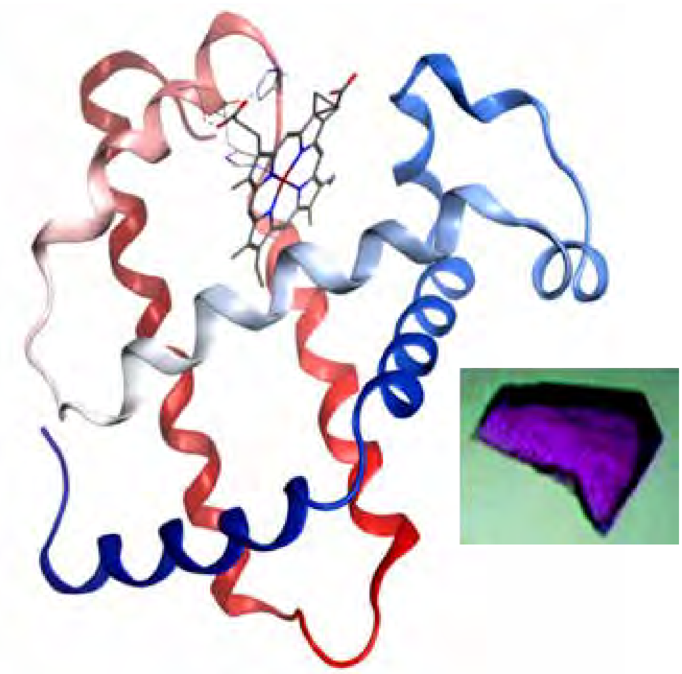


Figura 2. Representación de la estructura terciaria de la mioglobina y cristal de dicha proteína.

Dada la importancia de los experimentos de difracción de rayos X, la cristalografía de proteínas es un área que recibe mucha atención: donde se buscan métodos que permitan preparar cristales de proteínas de interés.

En el caso de las proteínas hidrosolubles, dichos métodos parten de soluciones de proteína en medios fisiológicos. Sin embargo, el caso de las proteínas de membrana es más complejo puesto que se trata de moléculas insolubles en agua; en el estado natural, estas proteínas se encuentran incorporadas a la matriz fosfolipídica de las membranas biológicas. Por esta razón, la cristalización de estas moléculas requiere un medio para "mimetizar" el ambiente hidrofóbico de las membranas y permitir que las proteínas adquieran su conformación

nativa. Se estima que las proteínas de membrana representan entre el 20 y el 30 % del total de proteínas del ser humano.

Un método empleado para cristalizar este tipo de proteínas consiste en su incorporación en micelas de surfactante, donde se induce la formación del cristal. En la figura 3a se muestra un esquema de la cristalización de proteínas en micelas. Sin embargo, este procedimiento tiene la desventaja de que las micelas presentan una geometría muy diferente que la de una membrana biológica y por lo tanto la proteína no tiene un medio ambiente similar al natural. Esto significa que la estructura que se determina a partir de los cristales preparados en micelas no necesariamente corresponde a la estructura nativa de las proteínas [5]. Por esta razón es importante encontrar nuevos medios "biomiméticos" que permitan cristalizar proteínas de membrana en ambientes más cercanos al natural, tal como se aprecia en la figura 3b. La llamada "fase esponja" es un medio líquido que tiene propiedades interesantes para este fin; a continuación se describe con más detalle.

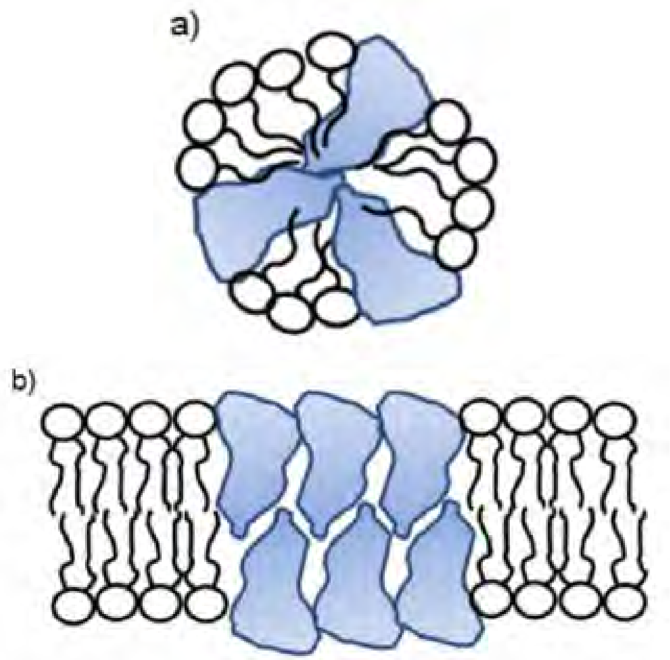


Figura 3. Esquema de la cristalización de proteínas en (a) micelas de surfactante y (b) membranas de una fase esponja de fosfolípido.

LA FASE ESPONJA

Se denomina fase esponja a un sistema líquido formado por membranas en un solvente. Las membranas pueden ser de un surfactante como el Dodecil sulfato de sodio (SDS) o de un fosfolípido como la fosfatidilcolina. El solvente puede ser agua pura o alguna solución fisiológica.

Los surfactantes y los fosfolípidos están constituidos por moléculas anfifílicas, las cuales tienen un grupo polar (soluble en agua) y un grupo hidrofóbico (insoluble en agua). Al tratar de solubilizar estos materiales en agua, las moléculas se agrupan de tal forma que su parte hidrofóbica evita el contacto con el solvente. Este es el principio de formación de las micelas y de las membranas (Figura 3).

Dependiendo de las condiciones fisicoquímicas del sistema (concentración de surfactante o de fosfolípido, temperatura, salinidad, etc.) las membranas formadas pueden acomodarse en diferentes geometrías. La más simple es la denominada "fase lamelar", donde las membranas son planas y están ordenadas de manera periódica, de forma similar a las hojas de un libro; en el espacio entre membranas se encuentra el solvente. Otra geometría usual es la de "vesículas" o "liposomas"; en ella, la membrana se cierra sobre sí misma, generalmente en una forma esférica, y encapsula un pequeño volumen de solvente. Finalmente, en la fase esponja, las membranas se conectan en una geometría tridimensional compleja.

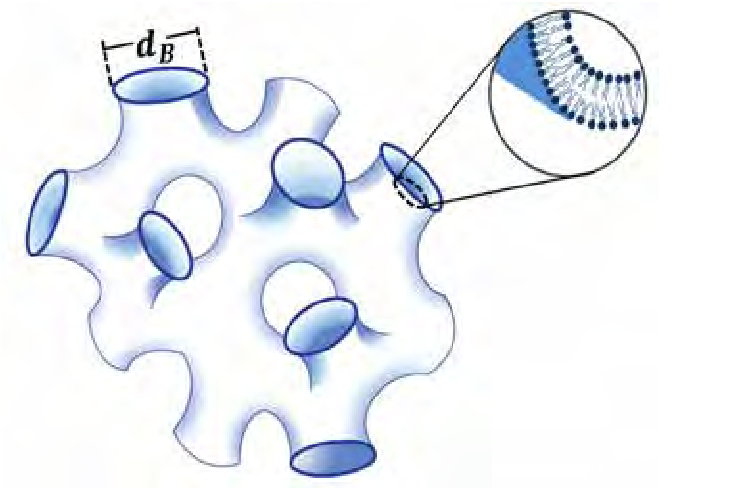


Figura 4. Representación esquemática de una fase esponja.



En la figura 4 se muestra un dibujo esquemático de una fase esponja. La estructura observada representa una membrana conectada en todo el espacio de la muestra, la cual forma poros o canales, dentro y fuera de los cuales está el solvente. Dada la similitud con un medio poroso, como una esponja, el líquido recibe este nombre: "fase esponja". También se le conoce como fase L3. La fase esponja guarda cierta similitud con una fase cúbica de membranas, con la diferencia de que no presenta un arreglo periódico de bicapas. Por esta razón, es común llamarle también "fase cúbica fundida". En la figura 5 se presenta una imagen microscópica de una fase esponja obtenida por microscopía electrónica de criofractura.

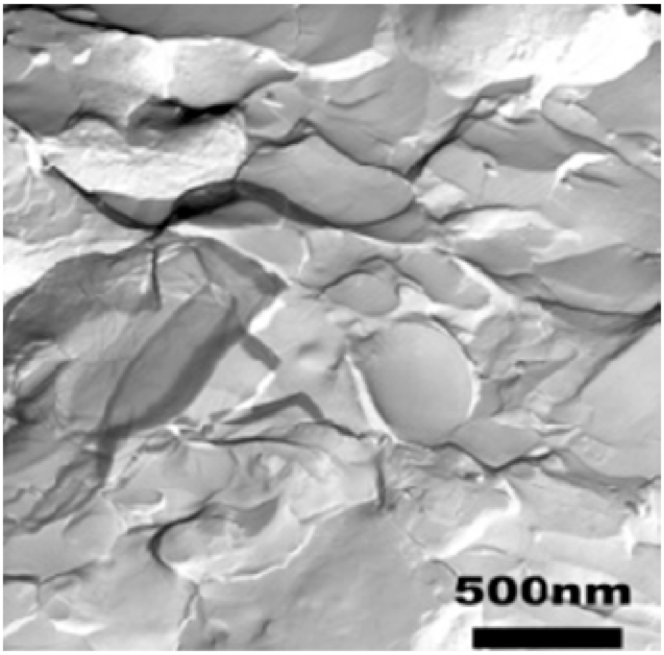


Figura 5. Fotografía obtenida por microscopia electrónica de criofractura de una fase esponja del sistema SDS-hexanol-solución salina.

La fase esponja ha sido observada en algunos sistemas de surfactante y de fosfolípido. Entre tales sistemas se encuentran surfactantes iónicos como el SDS, neutros como la familia de los EiCj e incluso zwitteriónicos como el C14DMAO [6, 7, 8].

Para cada sistema, esta fase aparece en una región definida del diagrama de fases, muchas veces en la vecindad de una fase lamelar de membranas. Usualmente, la adición de un cosurfactante, como un alcohol de cadena corta, o incluso la variación en la concentración salina, induce la aparición de la fase esponja. A manera de ejemplo, en la figura 6 se muestra el diagrama de fases del sistema monooleina-agua-PEG; en este caso, las fase esponja es inducida al agregar el polímero polietilenglicol (PEG) a una solución del lípido monooleína. Este sistema ha recibido mucha atención por la posibilidad de utilizarlo para cristalizar proteínas de membrana [10].

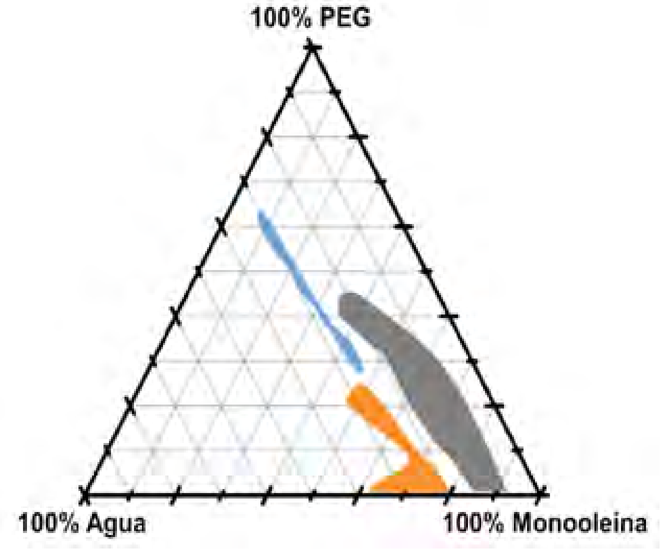


Figura 6. Diagrama de fases parcial del sistema monooleína-agua-PEG. La región azul corresponde a la fase esponja, la naranja a la fase cúbica y la gris a la fase lamelar (Adaptada de la referencia 9).

ALGUNAS PROPIEDADES DE LA FASE ESPONJA

La fase esponja presenta propiedades físicas muy particulares si se le compara con otros sistemas de membranas (lamelares, cúbicas, vesiculares). A continuación mencionamos algunas de dichas propiedades que se originan en su estructura tridimensional compleja.

Propiedades ópticas

En primer término, las fases esponja es transparente a simple vista, lo cual permite visualizar por medios ópticos tradicionales la presencia de estructuras inmersas en ella, tales como eventuales cristales de proteína. Además, dado que la fase es desordenada, las membranas no presentan ninguna dirección espacial privilegiada y por lo tanto no son birrefringentes. Esta isotropía, facilita la observación por medio de la microscopía óptica de luz polarizada de estructuras presentes en su seno, que si tienen birrefringencia.

Viscosidad

Otra propiedad interesante de la fase es su baja viscosidad, la cual es más próxima a la del agua que la viscosidad que presentan otras fases de membrana como la cúbica y lamelar; esto a pesar de que la concentración de membranas es similar en las tres fases mencionadas. Esta baja viscosidad se debe a que las membranas están conectadas de manera desordenada en las tres dimensiones del espacio. En consecuencia, la fase esponja es fácil de manipular, con poca resistencia al flujo, permite disolver aditivos (como proteínas) fácilmente e inhibe la formación de burbujas de aire en su interior.

Características estructurales

A pesar de que el arreglo espacial de las membranas de una fase esponja es desordenado, existe una distancia (dB), característica del sistema: el tamaño de los poros o equivalentemente la distancia media entre membranas (señalada en la figura X). La distancia dB para la fase esponja es del orden de 10 a 100 nm dependiendo de la concentración y tipo de surfactante utilizado en su elaboración. Para determinar su valor, se utilizan técnicas sofisticadas, entre las cuales se tiene la dispersión de rayos X a ángulos pequeños (SAXS por sus siglas en inglés).

En la figura 7 se muestra un espectro de dispersión obtenido con esta técnica para una fase esponja; el eje vertical representa la intensidad de dispersión normalizada, mientras que el eje horizontal es el vector de onda , relacionado al ángulo de dispersión y es la longitud de onda de los rayos X. De la posición del máximo en la gráfica (q del máximo o qmax) se obtiene dB mediante la ecuación de Bragg: . A manera de comparación, en la misma figura también se presenta un espectro de SAXS de una fase lamelar; se observa que en este caso el pico máximo es más pronunciado y estrecho que en la fase esponja, lo que implica mayor orden espacial de las membranas.

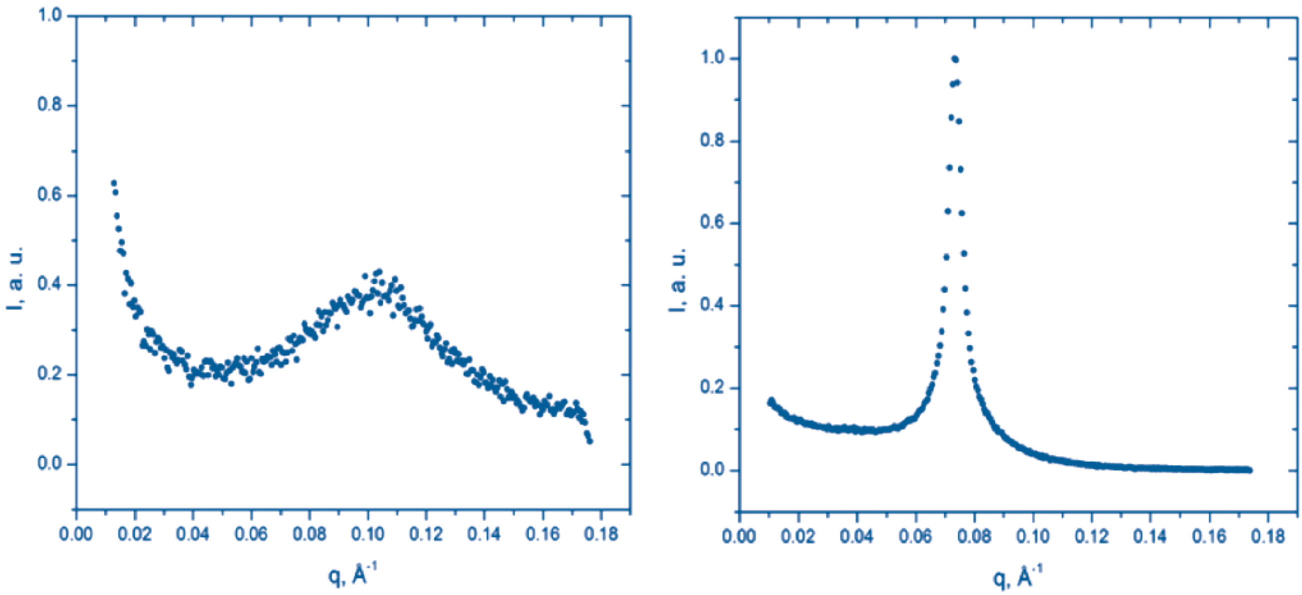


Figura 7. Espectros de SAXS para una fase esponja (izquierda) y una fase lamelar (derecha) (Espectros obtenidos por el Dr. Ricardo López Esparza en el Collège de France).

Difusión en la fase esponja

Finalmente, una propiedad muy importante de la fase esponja es la fluidez de sus membranas, que permiten la difusión de moléculas confinadas en ellas. Por ejemplo, si se solubiliza alguna molécula con un grupo hidrofóbico, en estas membranas, es posible seguir su difusión mediante técnicas como la recuperación de fluorescencia después del fotoblanqueado (FRAP). De esta forma se ha medido el coeficiente de difusión de proteínas, péptidos [11] y moléculas de fosfolípido [12].

A manera de ilustración, en la figura 8 se presenta una gráfica del coeficiente de difusión de un péptido y una molécula de surfactante, medidos con FRAP. La movilidad de moléculas en la membrana es esencial para la cristalización de proteínas, puesto que estas moléculas deben desplazarse sobre la membrana para organizarse espontáneamente en función de las fuerzas intermoleculares de atracción.

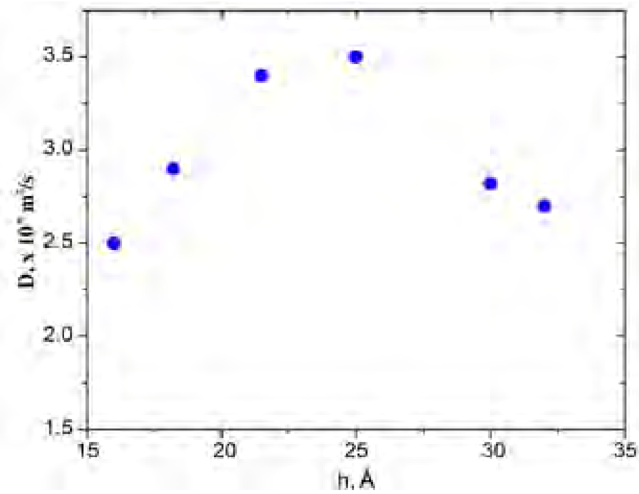


Figura 8. Coeficientes de difusion de un péptido transmembranar función del espesor de membrana h de una fase esponja ternaria del sistema C12E5-agua-βOG.

LA FASE ESPONJA COMO MEDIO BIOMIMÉTICO

Las propiedades mencionadas permiten concebir a la fase esponja como un medio biomimético para inducir la cristalización de proteínas de membrana. El ambiente hidrofóbico que proporciona la bicapa de lípido o de surfactante es similar al que tienen las proteínas en la célula. Aunado a esto se suman la transparencia, la isotropía, la baja viscosidad y la fluidez de la membrana, propiedades apropiadas para seguir el proceso de cristalización [13-18].

Estas características hacen interesante el estudio de la influencia de la incorporación de proteínas sobre la propia fase esponja. Por ejemplo, antes de cristalizar una proteína, es necesario caracterizar el diagrama de fases del sistema lípido-proteína, pues es posible que la adición de la biomolécula provoque desplazamientos en el diagrama de fases y/o modificación de las propiedades físicas del sistema. Esta caracterización puede lograrse mediante experimentos de SAXS o microscopía electrónica de criofractura. Otras propiedades, como el coeficiente de difusión de las proteínas, son importantes puesto que de su magnitud depende la facilidad con la que las proteínas se mueven en la membrana en el proceso de atracción que lleva a la cristalización.

Finalmente, el estudio teórico de sistemas proteína-fase esponja es necesario puesto que es indispensable entender los mecanismos moleculares que llevan a la formación de un cristal de proteínas. Estos mecanismos dependen de las fuerzas de interacción, las cuales pueden tener particularidades según el tipo de proteína y de membrana (neutra, cargada, etc). Conociendo los mecanismos moleculares, en principio se pueden buscar condiciones óptimas de cristalización al variar parámetros como la salinidad (apantallamiento de cargas) o la concentración de aditivos como polímeros.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha descrito brevemente el problema de la cristalización de proteínas de membrana. Así mismo, se han comentado algunas propiedades de la llamada fase esponja, sistema líquido que se está estudiando actualmente por varios grupos de investigación con el objetivo de cristalizar proteínas. Es factible que en un futuro próximo este sistema desplace a las micelas de surfactante como soporte para la obtención de cristales apropiados para experimentos de difracción de rayos X, con los cuales se determina la estructura de proteínas.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Shen, Y. X., Saboe, P. O., Sines, I. T., Erbakan, M., & Kumar, M.. Biomimetic membranes: a review. Journal of Membrane Science, 454, 359-381, 2014.

[2] Whitford, D. Proteins: structure and function. John Wiley & Sons, 2013.

[3] Darby, N. J., & Creighton, T. E. Protein structure (pp. 1-41). Oxford, UK: IRL Press at Oxford University Press, 1993.

[4]http://www.rscb.org/pdb/static.do?p=general_information/about_pdb/nature_of_3d_structural_dat.html

[5] Schnell, J. R., & Chou, J. J. Structure and mechanism of the M2 proton channel of influenza A virus. Nature, 451(7178), 591-595, 2008.

[6] Maldonado, A., Urbach, W., Ober, R., & Langevin, D. Swelling behavior and local topology of an L 3 (sponge) phase. Physical Review E, 54(2), 1774-1778, 1996.

[7] Maldonado, A., Ober, R., Gulik-Krzywicki, T., Urbach, W., & Langevin, D. The sponge phase of a mixed surfactant system. Journal of colloid and interface science, 308(2), 485-490, 2007.

[8] Ridell, A., Ekelund, K., Evertsson, H., & Engström, S. On the water content of the solvent/monoolein/water sponge (L3) phase. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 228(1), 17-24, 2003.

[9] Kulkarni, C. V., Wachter, W., Iglesias-Salto, G., Engelskirchen, S., & Ahualli, S. Monoolein: a magic lipid?. Physical Chemistry Chemical Physics, 13(8), 3004-3021, 2011.

[10] Gambin, Y., Lopez-Esparza, R., Reffay, M., Sierecki, E., Gov, N. S., Genest, M., Urbach, W. Lateral mobility of proteins in liquid membranes revisited. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 103(7), 2098-2102, 2006.

[11] Maldonado, A., Urbach, W., & Langevin, D. Surface self-diffusion in L3 Phases. The Journal of Physical Chemistry B, 101(41), 8069-8073, 1997.

[12] Li, D., Shah, S. T., & Caffrey, M. Host lipid and temperature as important screening variables for crystallizing integral membrane proteins in lipidic mesophases. Trials with diacylglycerol kinase. Crystal growth & design, 13(7), 2846-2857, 2013.

[13] Caffrey, M. Crystallizing membrane proteins for structure-function studies using lipidic mesophases. In Advancing Methods for Biomolecular Crystallography (pp. 33-46). Springer Netherlands, 2013.

[14] Caffrey, M., Li, D., & Dukkipati, A. Membrane protein structure determination using crystallography and lipidic mesophases: recent advances and successes. Biochemistry, 51(32), 6266-6288, 2012.

[15] Joseph, J. S., Liu, W., Kunken, J., Weiss, T. M., Tsuruta, H., & Cherezov, V. Characterization of lipid matrices for membrane protein crystallization by high-throughput small angle X-ray scattering. Methods, 55(4), 342-349, 2011.

[16] Johansson, L. C., Arnlund, D., White, T. A., Katona, G., DePonte, D. P., Weierstall, U., & Schlichting, I. Lipidic phase membrane protein serial femtosecond crystallography. Nature Methods, 9(3), 263-265, 2012.

[17] Oka, T., & Hojo, H. Single Crystallization of an Inverse Bicontinuous Cubic Phase of a Lipid. Langmuir, 30(28), 8253-8257, 2014.



PROPIEDADES VIBRACIONALES DE CARBUROS DE MOLIBDENO NANOESTRUCTURADOS

Vibrational properties of nanostructured molybdenum carbides

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Luis Iván Serrano Corrales [1]
Keren Hapuc Gutiérrez Acosta [2]
Ana Bertha López Oyama [3]
Rogelio Gámez Corrales [4]
Felipe Barffuson Domínguez [5]

Recibido: 27 de marzo de 2015,
Aceptado: 14 de marzo del 2016

Autor de Correspondencia:
I.Q. Luis Ivan Serrano Corrales
Correo: luisiv.sc@gmail.com

Resumen

En este trabajo se hace un estudio de las propiedades vibracionales de espectroscopía micro Raman de carburos de molibdeno y sus correlaciones con los tamaños de fronteras de grano en función del tiempo de molienda, en atmosfera de gas de argón, y manteniendo la velocidad de molienda constante. La técnica de molienda mecánica de alta energía permitió mantener un control del tamaño de frontera de grano, la cual mostró, en leyes de potencia, dos regiones en función del tiempo de molienda. Mientras que por medio de espectroscopía micro Raman, se observaron cambios en los valores de las bandas principal (819.5 cm^{-1}) y secundarias (894.0 y 778.7 cm^{-1}). Las tres bandas estudiadas presentan un comportamiento línea en función del tiempo de molienda. Estos cambios que se presentan en las vibraciones Raman de estas bandas pudieron correlacionarse directamente con el tamaño de grano observado por microscopía óptica y por consecuencia del área superficial de las micropartículas de carburo de molibdeno. Las vibraciones en las bandas Raman, corresponden a cambios en las bandas características del Mo_2C así como apariciones de las bandas relacionadas con las vibraciones O-Mo-O.

Palabras clave: carburos nanoestructurados, metales de transición, nanomateriales, microscopía óptica, espectroscopía Raman.

Abstract

This paper presents a study of the properties micro Raman spectroscopy vibrations of nanostructured molybdenum carbides and their correlations with the size of grain boundaries in function of the time of mechanical milling, in argon gas atmosphere is made, and maintaining speed milling constant. The technique of high-energy ball milling control enabled a grain boundary size, which showed, in power laws, two regions in terms of milling time. While micro Raman through spectroscopy, changes were observed in the values of the main bands (819.5 cm^{-1}) and secondary (894.0 and 778.7 cm^{-1}). The three bands studied show a linear behavior. These changes occurring in the Raman vibration of these bands could be directly correlated with the grain size observed by optical microscopy and consequently the surface area of the micro particles of molybdenum carbide. The vibrations in the Raman bands correspond to changes in the characteristic bands of Mo_2C and appearances of the bands related to the bond O-Mo-O.

Keywords: *Nanostructured carbides, transition metals, nanomaterials, optical microscopy, Raman spectroscopy.*

1 Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora / Correo: luisiv.sc@gmail.com
2 Departamento de Investigación en Física, Universidad de Sonora / Correo: khgutierrez@correo.fisica.uson.mx
3 CICATA Unidad Altamira, Instituto Politécnico Nacional / Correo: ana.lopez.oyama@gmail.com
4 Departamento de Física, Universidad de Sonora / Correo: rogelio@correo.fisica.uson.mx
5 Doctorado Institucional de Ciencias e Ingeniería de Materiales, Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Correo: fbarffuson@correo.fisica.uson.mx

INTRODUCCIÓN

Los carburos de metales de transición fueron descubiertos a finales del siglo XIX como producto de mezclarse polvos de tungsteno con carbono a altas temperaturas, el resultado fue un material muy duro y resistente al desgaste (carburo de tungsteno). Actualmente, se sabe que la interacción del carbono con un metal de transición de los grupos IV–VI B de la tabla periódica produce estos carburos metálicos. Para diversos metales de transición, la incorporación del carbono incluso en pequeñas cantidades puede cambiar drásticamente sus propiedades físicas, ópticas, electrónicas y químicas. Sin embargo, una propiedad que resulta de gran interés es la actividad catalítica, al ser utilizados en reacciones químicas, como lo es el caso de los procesos de denitrogenización. Esta propiedad de catalizar, se encuentra estrechamente relacionada al tamaño volumétrico, ya que la relación área superficial/volumen permite tener una mayor área de contacto entre los reactivos a catalizar. La obtención de carburos con mayor área superficial, en las últimas décadas, ha atraído la atención en relación a sus propiedades catalíticas [1]. La actividad catalítica del carburo de molibdeno se ha encontrado fuertemente relacionada con la estructura cristalina y sobre todo de su superficie y composición elemental, la cual en gran medida depende del método de síntesis. Los carburos de metales de transición producidos por los métodos convencionales usualmente no presentan alta actividad catalítica, este problema es superado cuando los carburos son nanoestructuras [2].

Molienda mecánica es una técnica experimental que permite obtener materiales a escala nanométrica, donde la activación mecánica o mecano-síntesis es inducida por el golpeteo de las bolas o balines que se encuentran en el molino planetario. Pudiéndose obtener nuevas fases cristalinas y/o composiciones químicas en carburos metálicos que poseen nuevas propiedades a nivel macroscópico.

En este trabajo se estudia la composición química y estructural de carburos de molibdeno a diferentes tiempo de molienda, por medio de la técnica experimental de espectroscopía micro Raman, comúnmente utilizada en caracterización de materiales, y más recientemente en nanomateriales.

Así como también se llevó a cabo la correlación de los modos normales de vibración y el tamaño de fronteras de grano, utilizando la técnica experimental de microscopía óptica.

DETALLES EXPERIMENTALES

Los carburos de molibdeno utilizados en este trabajo presentan una pureza del 95% de la marca Sigma-Aldrich y fueron utilizados sin previa purificación o tratamiento alguno. Se pesaron 6 gramos de carburo de molibdeno los cuales fueron depositados en el tazón de molienda, de un molino planetario Fritsch modelo Pulverissette 7 junto con los elementos moledores (bolas de acero). En todo este trabajo, la molienda del material en polvo se llevó a cabo utilizando una velocidad constante de rotación de 450 rpm, bajo atmósfera de gas inerte. Una vez iniciada la molienda el proceso se interrumpió en varias ocasiones, a las 8, 12, 24, 36, 48, 72 y 96 horas para extraer una pequeña porción de la muestra a los diferentes intervalos y al mismo tiempo para evitar suministrar demasiada energía cinética al sistema a través del golpeteo de los balines con la muestra, y evitando de esta manera se lleve a cabo una transición de fase de los carburos de molibdeno, por lo que se pretende mantener la misma estructura cristalina. Se caracterizaron las muestras extraídas a los distintos tiempos de molienda y se determinó el tamaño de grano de carburo de molibdeno en cada una de las etapas, utilizando la técnica micro Raman y microscopía óptica respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 (parte superior), muestra el espectrograma micro Raman característico de carburos de molibdeno Mo_2C, obtenido a presión atmosférica y a temperatura ambiente (26°C). Las mediciones se llevaron a cabo utilizando vectores de onda entre 100 y 2000 cm^{-1}, donde se pueden apreciar (Figura 1), tres regímenes bien definidos. A altos valores de vector de onda (1200 a 2000 cm^{-1}) se presenta un pico con muy baja intensidad, a 1580 cm^{-1}, el cual corresponde a los modos normales de grafito, y es identificada en la literatura como la banda G, es como consecuencia de las vibraciones tangenciales. A valores intermedios (400-1200 cm^{-1}) se presenta la región correspondiente a los óxidos metálicos, carburos metálicos y oxi-carburos metálicos. Y finalmente a valores de vectores de onda más pequeños (100-400 cm^{-1}) se pueden apreciar las vibraciones o modos normales de vibración correspondientes a metales. En esta región aparece la contribución del molibdeno, y como se mostrará más adelante en este capítulo, aparecerá también, hierro y cromo correspondientes al desgaste del acero del tazón o contenedor del molino y a los balines que se utilizan para la molienda.



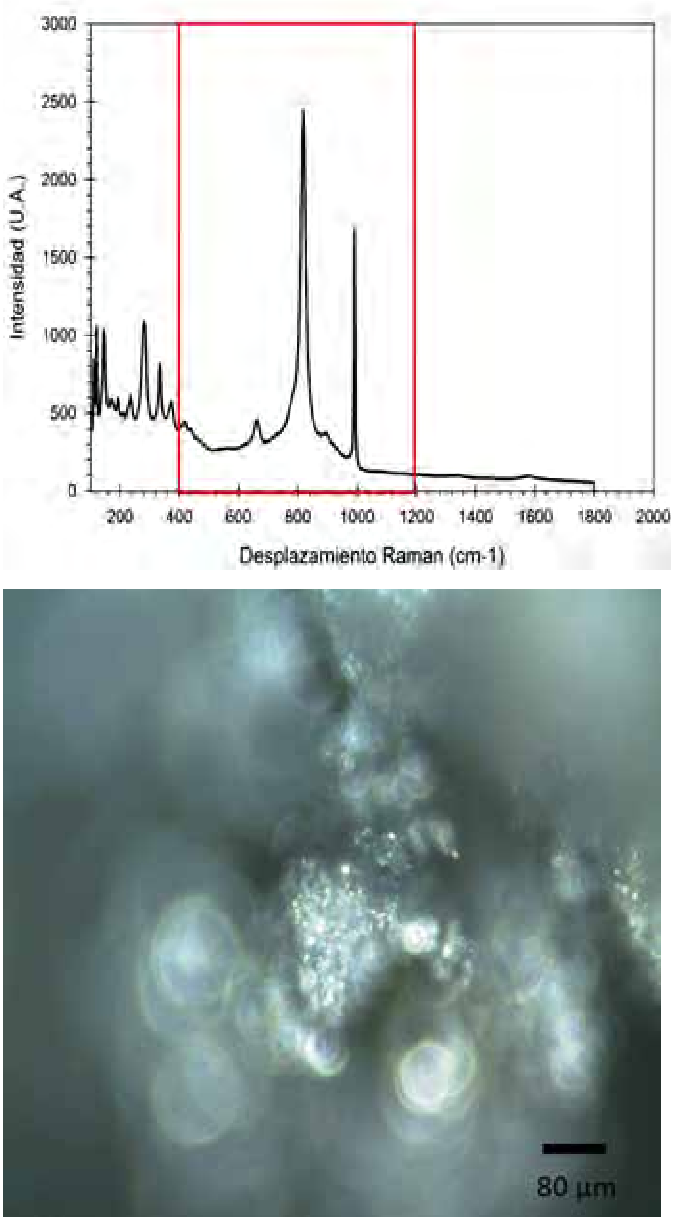


Figura 1. a) Espectrograma micro Raman típico de carburo de molibdeno Mo_2C utilizando un espectrómetro micro Raman Xplora BX41. b) Microfotografía a 10X de una muestra de Mo_2C obtenida sin tratamiento previo.

La figura 2 presenta los resultados obtenidos de la muestra de Mo_2C tratada mediante aleado mecánico por un periodo de 8 hrs, el material de carburo presentan una reducción de tamaño apreciable respecto a la muestra a 0 hrs de molienda. En las imágenes obtenidas, utilizando un microscopio óptico, se observa un cambio muy pequeño en la estructura de los polvos conforme aumenta el tiempo de molienda (Figura 2), estos datos son confirmados mediante espectroscopía micro Raman, observándose las bandas 291.0, 346.0, 666.4, 819.5, 894.0 y 995.5 cm^{-1} (Figura 2), los mismos encontrados en la muestra en su estado inicial. La banda Raman a 819 cm^{-1} es la más intensa y corresponde a la vibración característica de carburo de molibdeno. Se observan además, aunque muy pequeña, una banda en 1580 cm^{-1} correspondiente a las vibraciones de la banda G (de grafito) [3].

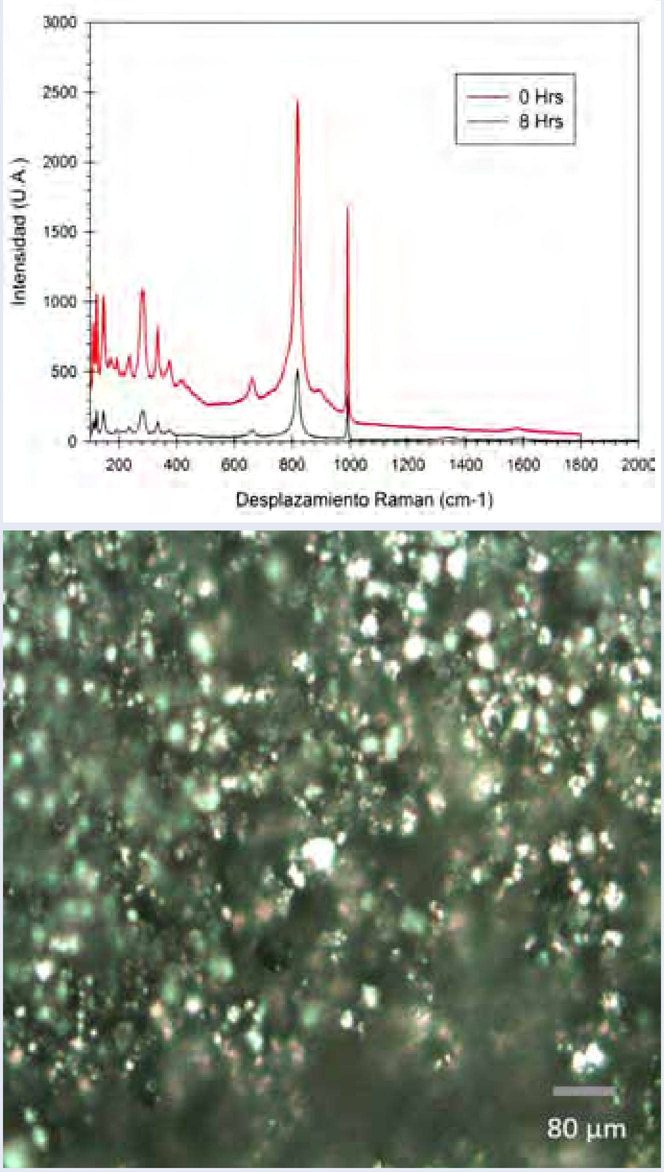


Figura 2. a) Espectrogramas micro Raman de carburo de molibdeno comparativo 0 hrs (línea continua roja) y 8 hrs de molienda. b) Microfotografía a 8 hrs de carburos de molibdeno observada con un objetivo 10X, muestra un tamaño promedio de 5.33 µm de diámetro.

El espectro de esta muestra es característico al presentado por el MoO_3 puro cristalino con las bandas Raman características en 118, 131, 159, 201, 220, 248, 287, 340, 370, 382, 474, 668, 821 y 998 cm^{-1} [4] . Mientras que las muestras a 24 hrs de molienda presentan una

reducción de tamaño respecto a las muestras 0 hrs de molienda (Figura 3). Concomitando los espectros Raman presentan la aparición de las bandas a 1345.5 cm^{-1} y 1598.8 cm^{-1} asociadas al desorden de productos carbonosos (bandas D) y tangencial de los productos grafitizados (bandas G) respectivamente [5]. La banda D es indicadora de la presencia de defectos, de manera que de la relación de intensidades entre las bandas D y G puede extraerse información sobre el número de defectos [6].

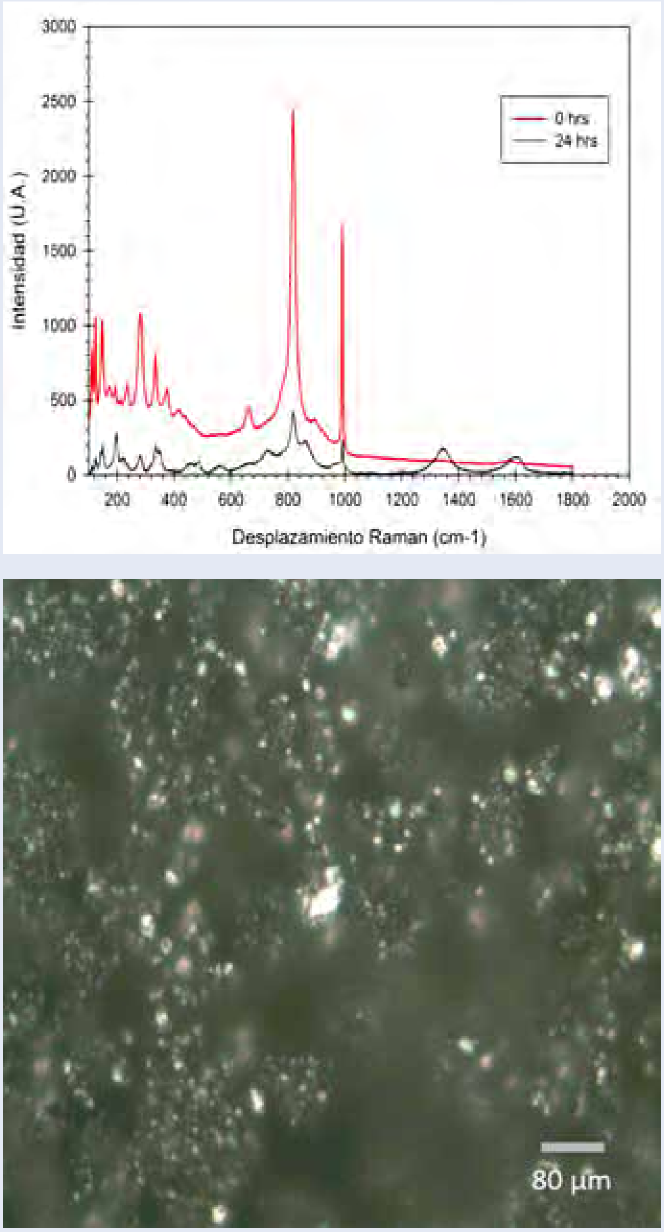


Figura 3. a) Espectrogramas micro Raman de carburo de molibdeno comparativo 0 hrs (línea continua roja) y 24 hrs de molienda. b) Microfotografía a 10X de carburos de molibdeno observada con un objetivo 10X, donde se presentan tamaños de grano del orden de 2.34 µm.

En la figura 4 se pueden observar las bandas Raman de los carburos de molibdeno a 72 hrs de molienda donde son más significativos los desplazamientos en las bandas a 850.2 cm^{-1} y 732.7 cm^{-1} así como los óxidos en la muestra entre 500 cm^{-1} y 700 cm^{-1} y además de las contribuciones de las bandas del carbono, mediante espectroscopía Micro Raman se puede observar que la intensidad de las bandas Raman 995.5 cm^{-1}, 894.0 cm^{-1}, 819.5 cm^{-1}, 666.4 cm^{-1}, 346.0 cm^{-1}, así como la aparición de la banda Raman a 778.7 cm^{-1} y el desplazamiento de las bandas a 894.0 cm^{-1}, 666.4 cm^{-1} y 778.7 cm^{-1} donde las bandas a 995.5 cm^{-1} y 778.7 cm^{-1} pueden ser asociadas a los estiramientos simétricos y anti simétricos de O-Mo-O, es decir, v (O-Mo-O) [6, 7].

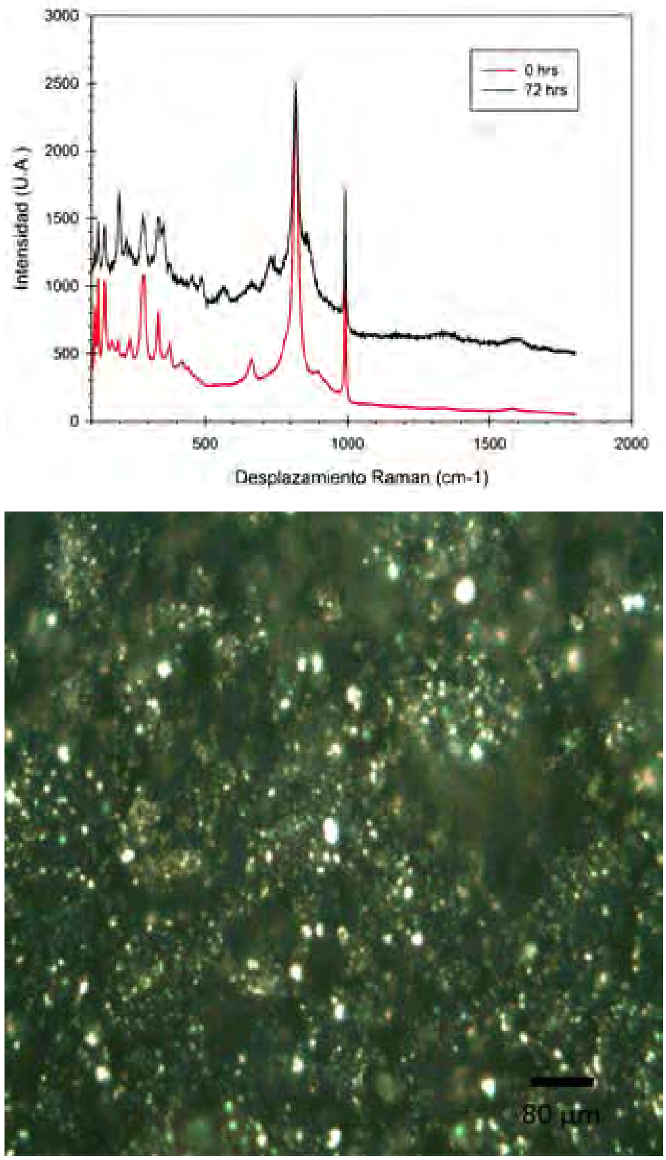


Figura 4. Espectrogramas micro Raman de carburo de molibdeno comparativo 0 hrs (línea continua roja) y 72 hrs de molienda.



Análisis de resultados

Los resultados obtenidos mediante el microscopio óptico muestran una disminución en el tamaño de grano en función del tiempo de molienda, este comportamiento puede ser descrito en leyes de potencia, $y(t) = at^b$ (Figura 5). En la figura 5 se observan dos regiones de tiempos, en donde el cambio en el tamaño de grano sigue una ley de potencia muy particular. El tiempo crítico, el cual marca la frontera entre los dos comportamientos es de aproximadamente 34 hrs y 22 minutos. La primera región presenta una pendiente en una gráfica log-log, es decir, un exponente de -0.48, mientras que para tiempos de molienda superiores a 34 hrs y 22 minutos, un comportamiento con potencia de -1.1 se hace presente. Esto es, la energía cinética que presentan los balines del sistema produce una molienda más eficiente, así también una disminución del tamaño de grano al incrementar el tiempo de molienda del material en el contenedor. Por otra parte, las bandas vibracionales de espectroscopía Raman presentan un desplazamiento hacia menores valores de desfasamiento Raman conforme el tiempo de molienda se incrementa, esto hace pensar que existe una buena correlación entre los resultados de espectroscopía Raman y los correspondientes a los tamaños de grano obtenidos por las mediciones de micrografías.

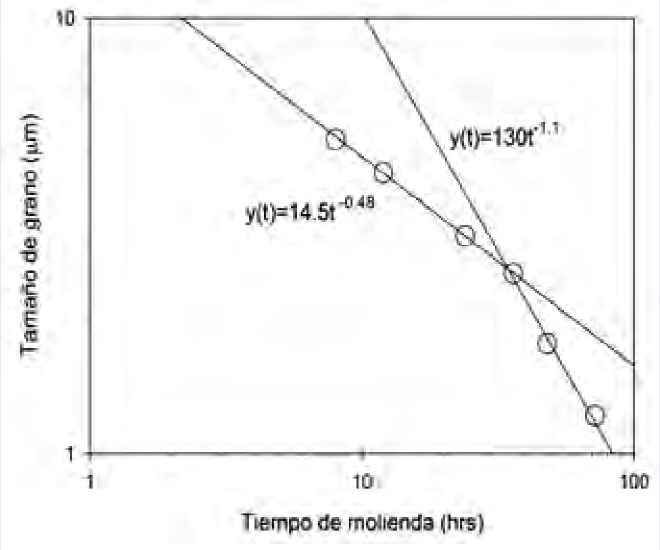


Figura 5. Gráfica con valores promedio de tamaño para cada muestra con respecto a los distintos tiempos de molienda mostrando la disminución de tamaño de grano. Las líneas continuas corresponden a las leyes de potencia $y(t) = at^b$.

La figura 6 muestra el desplazamiento de la banda característica de carburos de molibdeno Mo_2C a medida que se incrementa el tiempo de molienda. La línea contínua que aparece en la figura 6 corresponde a un ajuste lineal ($y(t) = at + b$), siendo la pendiente de la recta igual a 0.035, y el valor en el eje vertical a 819.5. Esto es, la banda del espectro Raman de 819.5 cm^{-1}, característica del carburo de molibdeno, presenta un desplazamiento hacia valores de mayor energía, a medida que el tiempo de molienda aumenta, esto es al incrementarse la energía cinética de los balines, así como también se aprecian cambios muy marcados en el valor de la pendiente concomitando, observándose una disminución del tamaño de grano. Esto se ve reforzado por el desplazamiento de las bandas secundarias que se presentan a 666.8 cm^{-1}, 775.0 cm^{-1} y 995.0 cm^{-1} conforme aumenta el tiempo de molienda, siguiendo un comportamiento lineal correspondiente a cambios en las bandas características del Mo_2C así como apariciones de las bandas relacionadas al enlace O-Mo-O.

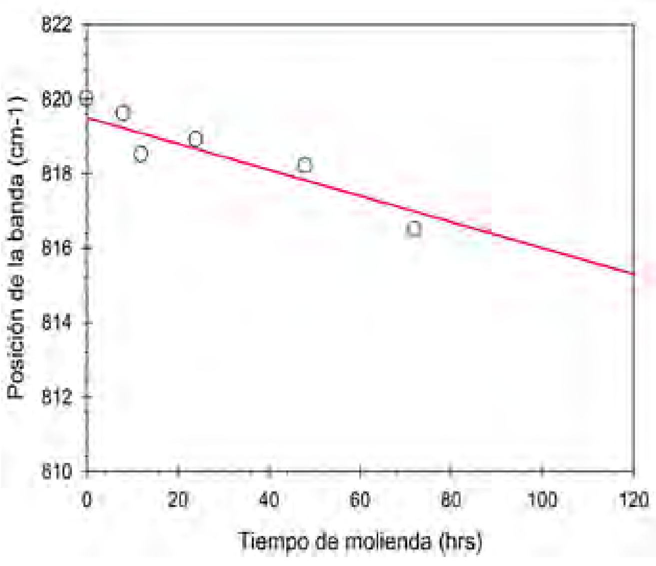


Figura 6. Desplazamiento de la banda de 819.5 cm^{-1} en función del tiempo de molienda para el compuesto carburo de molibdeno.

CONCLUSIONES

En este trabajo se llevó a cabo un estudio experimental del efecto de tamaño de carburos de molibdeno en función del tiempo de molienda, utilizando la técnica experimental de molienda mecánica en atmósfera de gas inerte, argón en nuestro caso. Las muestras obtenidas de carburo de molibdeno fueron caracterizadas mediante microscopía óptica y espectroscopía micro Raman. A medida que aumentaba el tiempo de molienda, se observaron disminuciones en los tamaños de frontera de grano, permitiendo llevar a cabo una correlación entre el tiempo de molienda y los cambios en la frontera de grano, mediante leyes de potencia. De esta manera se determinaron dos regiones principales de los tamaños promedios de las partículas, por medio de microscopía óptica. Siendo el tiempo critico en el cual se llevaba a cabo un cambio en el valor de la pendiente (en log-log, corresponde al exponente) de 34 hrs y 22 minutos. Mientras que por medio de espectroscopía Raman, se observaron cambios en los valores de las bandas principal y secundarias. Las tres bandas estudiadas presentan un comportamiento lineal en función del tiempo de molienda empleado en las mediciones experimentales. Los cambios presentes en las vibraciones Raman de las tres bandas principales fueron correlacionados a la disminución del tamaño de grano observado mediante microscopía óptica y a su vez con el cambio en el área superficial de las micropartículas de carburo de molibdeno.

AGRADECIMIENTOS

Luis Iván Serrano Corrales, Keren Hapuc Gutiérrez Acosta y Felipe Barffuson Domínguez agradecen al CONACYT por el apoyo económico.

BIBLIOGRAFÍA

[1] D. R. Askeland y P.P. Fulay, Ciencia e ingeniería de los materiales. Cengage Learnig, 2da Ed., 624 p., 2010.

[2] L. Díaz Barriga Arceo, E. Orozco, H. Mendoza-León, E. Palacios González, F. Leyte Guerrrero y V. Garibay Febles, «Nanostructures obtained from a mechanically alloyed and heat treated molybdenum carbide,» J. Alloys Compounds, Vol. 434-435, pp. 799-802, 2007.

[3] L. Ni, K. Kuroda, L.-P. Zhou, K. Ohta, K. Matsuishi y J. Nakamura, «Decomposition of metal carbides as an elementary step of carbon nanotube synthesis,» Carbon, Vol. 47, pp. 3054-3062, 2009.

[4] S.B. Xie, K.D. Chen, A.T. Bell y E. Iglesia, «Structural characterization of molybdenum oxide supported on zirconia,» J. Phys. Chem. B, Vol. 104, pp. 10059-10068, 2000.

[5] C. Domingo y G. Santoro, «Espectroscopía Raman de nanotubos de carbono,» Opt. Pura y Apl., Vol. 40, no 2, pp. 175-186, 2007.

[6] Tian-cun Xiao, Haitao Wang, Jianwen Da, Karl S. Coleman, and Malcolm L. H. Green, "Study of the preparation and catalytic performance of molybdenum carbide catalysts prepared with C_2H_2/H_2 carburizing mixture". Journal of Catalysis 211, 183–191(2002).

[7] Zheng Liu, Lin Dong, Weijie Ji and Yi Chen, "Raman spectroscopic studies on tetragonal ZrO2 supported MoO_3 and ZnO-MoO3 systems". J. Chem. Soc., Faraday Trans., 94(8), 1137-1142 (1998).



VARIACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRAÚLICA SATURADA DE ARENAS CON EL CONTENIDO DE FINOS LIMOSOS

Variation of the saturated hydraulic conductivity of sands with the fine silt content

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

José Alfredo Espinoza Meléndez [1]
Virgilio Rubio Nieblas [2]
Alfredo Francisco Espinoza Mézquita [3]

Recibido: 27 de febrero de 2015,
Aceptado: 03 de febrero de 2016

Autor de Correspondencia:
Dr. Virgilio Rubio Nieblas
Correo: virgil@iq.uson.mx

Resumen

Este artículo presenta la variación de la conductividad hidráulica saturada de arenas finas con el contenido de finos y con el grado de acomodo, en muestras remoldeadas. Las muestras de suelo se formaron con la humedad óptima y peso volumétrico seco correspondiente a la relación de vacíos del grado de acomodo de la arena fina. La conductividad hidráulica saturada se determinó con el método del permeámetro de carga constante y con el de carga variable. No hubo diferencias significativas entre ambos métodos de prueba.

Palabras clave: Conductividad hidráulica, permeámetro de carga constante, permeámetro de carga variable.

Abstract

In this paper, the hydraulic conductivity of fine sands with different fines content and relative density are reported under saturation conditions, in alterated samples. Each sample was prepared by mixing preespecified amounts of sand and silt in different proportions. The compacted samples were adjusted so that their optimum water content and dry volumetric weight provided the void ratio corresponding to that of single fine sand. The hydraulic conductivity of the samples was determined by both constant head and falling head apparatus. The hydraulic conductivity values were found to be independent of the measurement technique.

Keywords: *Hydraulic conductivity, constant head permeameter, falling head permeameter.*

1 Depto. de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora / Correo: jaespinoza@dicym.uson.mx
2 Depto. de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora / Correo: virgilio.rubio@unison.mx
3 Depto. de Ingeniería Civil, Universidad de Sonora / Correo: alfredo.espinozam@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los principales problemas en los que la conductividad hidráulica saturada de los suelos, es indispensable son: i) La velocidad a la que el agua fluye a través del suelo, ii) La consolidación del suelo para calcular la velocidad de asentamiento de una cimentación, y iii) La resistencia del suelo para calcular su factor de seguridad. Además, la conductividad hidráulica saturada juega un papel importante en los procesos de transporte y redistribución de solutos en suelos y acuíferos [1]. La conductividad hidráulica depende tanto de la microestructura (disposición de las partículas), como de la macroestructura (estratificación, grietas, etcétera), por lo cual es importante su determinación *in situ*; sin embargo, la determinación en laboratorio permite estudiar la relación entre la conductividad hidráulica con la relación de vacíos [2] o con el contenido de finos.

El flujo de agua en medios porosos está gobernado por una ley experimental descubierta por Henry Darcy en 1856, la cual para el caso de flujo unidimensional se expresa como sigue [2] [3]:

$$q = \frac{Q}{A} = \frac{V}{A\,t} \approx \frac{\Delta H}{L} \;;\; \frac{V}{A\,t} = k_s \frac{\Delta H}{L} \qquad (1)$$

donde: q es la velocidad de flujo, Q es el gasto que pasa a través de la masa de suelo, A es el área de la sección transversal perpendicular a la dirección del flujo, V es el volumen de agua que pasa por la masa de suelo, t es el tiempo en que pasa el volumen de agua; ΔH es la diferencia de carga hidráulica total entre las fronteras de entrada y salida de agua, L es la longitud de la masa de suelo; a la relación ΔH /L se le llama gradiente hidráulico, que es la fuerza motriz que induce el flujo y k_S es el coeficiente de proporcionalidad designado generalmente como coeficiente de conductividad hidráulica.

La ley de Darcy se basa en las siguientes hipótesis: i) Las fuerzas inerciales son despreciables en comparación con las fuerzas viscosas, ii) El agua está conectada en toda la región de flujo, iii) Prevalecen condiciones isotérmicas, iv) No hay fenómenos químicos o biológicos que cambien al fluido o al medio poroso, v) La estructura del suelo no cambia con variaciones en su contenido de agua, y vi) El volumen del suelo es lo suficientemente grande con respecto al tamaño de los poros y heterogeneidades microscópicas para permitir promediar la velocidad y el potencial sobre la sección transversal expuesta al flujo [3].



La conductividad hidráulica de un suelo saturado depende principalmente de los siguientes factores: i) Tipo de suelo, ii) Relación de vacíos del suelo, y iii) Estructura (micro y macroestructura) [4].

MATERIALES Y MÉTODOS

Métodos de prueba

La determinación de la conductividad hidráulica saturada de los suelos se determina en el laboratorio con el permeámetro de carga constante y con el de carga variable [3] [4] [5]. El permeámetro de carga constante es adecuado para la mayoría de los suelos con $k_S > 10^{-4}$ m s^{-1} y se aplica bajo un régimen de flujo permanente [6]. El método consiste en aplicar una diferencia de carga hidráulica total al suelo, la cual permanece constante durante la prueba. Cuando se alcanza el equilibrio hidráulico se mide el volumen de agua que pasa por la muestra en determinado tiempo. La conductividad hidráulica se determina con la siguiente ecuación:

$$k_s = \frac{V\,L}{A\,t\,\Delta H} \qquad (2)$$

El permeámetro de carga variable se usa para determinar la conductividad hidráulica de los suelos bajo un régimen transitorio, y es apropiado para suelos de grano fino con $k_S < 10^{-4}$ m s^{-1} [5]. El método consiste en hacer pasar un volumen de agua por la muestra de suelo, desde una carga hidráulica total inicial a una final medida a lo largo de un tubo que suministra el agua y registrando el tiempo en que pasa el agua desde la carga hidráulica inicial a la final. La conductividad hidráulica se calcula con la siguiente ecuación:

$$k_s = \frac{L\,a}{A\,t} \ln \frac{h_0}{h_f} \qquad (3)$$

donde: a, es el área del tubo de suministro de agua; h_0, la carga hidráulica total al inicio de la prueba, y h_f, la carga hidráulica total al final de la prueba (las demás variables ya se definieron).

Para la realización del presente trabajo se diseñó un permeámetro que permite utilizar los dos métodos de prueba, usando la misma muestra de suelo. El permeámetro consta de un contenedor con un pequeño vertedor para facilitar el desagüe del agua que atraviesa a la muestra,



en donde se coloca un tubo cilíndrico de acrílico de 7.0 cm de diámetro y 18.0 cm de longitud que contiene a la muestra de suelo; este tubo se une herméticamente a una base de plástico con pequeñas perforaciones concéntricas y, en su parte superior se ajusta a otra placa de plástico, uniéndose ambas, junto con el permeámetro, por medio de cuatro tornillos de acero inoxidable. En la placa superior se conecta un tubo de vidrio para medir la carga hidráulica, así como el sistema de abastecimiento de agua controlado con una válvula.

Para determinar la conductividad hidráulica con el permeámetro de carga constante, se mantiene la válvula del sistema de suministro de agua abierta durante todo el tiempo de duración de la prueba. Para realizar la prueba con el método del permeámetro de carga variable, la válvula de suministro de agua se mantiene abierta sólo hasta que el nivel del agua en el tubo de vidrio alimentador alcanza la carga hidráulica total inicial entonces, la válvula se cierra y se mide el tiempo en que el agua desciende por el tubo hasta que pasa por la carga hidráulica total final.

La carga hidráulica se midió con una precisión de ± 0.5 mm, se usó una balanza (modelo PM 4000, marca Mettler, Suiza) de 4.0 kg de capacidad y 0.1 g de precisión para medir la cantidad de agua infiltrada a través de la muestra. El diámetro y altura de la muestra se midieron con un vernier digital marca Mitutoyo de 30.0 cm de capacidad y 0.01 mm de precisión. Todas las pruebas se hicieron en un cuarto con temperatura controlada y se midió la temperatura del agua infiltrada con un termómetro de 50.0 °C y 0.1 °C de precisión.

Preparación de mezclas y especímenes de prueba

Para estudiar la variación de la conductividad hidráulica saturada de un suelo granular con el contenido de finos limosos y densidad relativa, se seleccionó una arena limpia de finos, color blanco, de grano fino y uniforme, procedente de San Carlos, Nuevo Guaymas, Sonora, y un limo color café claro de la ciudad de Hermosillo, Sonora.

La arena no contiene gravas, tiene 99.52 % de arenas y 0.48 % de finos, no presenta plasticidad, tiene un peso volumétrico seco máximo de 1,567 kg m^{-3} y una humedad óptima de 18.57 %, su peso volumétrico seco mínimo es de 1,418 kg m^{-3} y su gravedad específica de los sólidos, de 2.697; la arena se clasifica como una arena mal graduada (SP). El limo no contiene gravas, tiene 33.8 % de arenas y 66.2 % de finos, su límite líquido es de 24.2 % y su límite plástico, de 18.5 %, tiene un peso volumétrico seco máximo de 1,860 kg m^{-3} y una humedad óptima de 14.2 %, su peso volumétrico seco mínimo es de 1,093 kg m^{-3} y su gravedad específica de los sólidos es de 2.711, clasificado como un limo de baja compresibilidad (ML). Los suelos se clasificaron según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.).

Ambos suelos se cribaron por separado por la malla no. 30 (0.590 mm), en el caso de la arena para retirar prácticamente la escasa materia orgánica (detectada visualmente) y en el caso del limo para separar los pequeños grumos de suelo formados; estos grumos se disgregaron con un mazo de madera de 1.0 kg de peso y luego se cribaron de nuevo por la malla no. 30. Posteriormente, ambos suelos se secaron al aire durante 36 horas, a continuación se homogeneizaron y se guardaron en recipientes con tapa hermética para la formación de las mezclas.

Se formaron mezclas de 30.0 kg secos de cada mezcla (para esto se determinó previamente el contenido de agua de la arena y del limo) porque además de realizar las pruebas de conductividad hidráulica, se tenían que determinar sus propiedades índice. La cantidad en peso de limo por añadir a la arena, se determinó en porcentaje con respecto al peso seco total de cada mezcla. Las mezclas se formaron con los siguientes porcentajes de limo de baja compresibilidad: 4, 8, 12, 16, 20, 24, 32, 40, 48, 64 y 88 % y se designaron con dicho porcentaje; a la arena y al limo se les designó como 0 y 100 % respectivamente.

Todas las mezclas se homogeneizaron y se guardaron en recipientes con tapa hermética. Los ensayes de laboratorio que se realizaron a cada mezcla fueron los siguientes: i) Análisis granulométrico, ii) Límites de consistencia (límite líquido y límite plástico), iii) Gravedad específica de los sólidos, iv) Peso volumétrico seco máximo y humedad óptima (Próctor estándar), y v) Peso volumétrico seco mínimo. Las propiedades índices de cada mezcla se presentan en la tabla 1.



Tabla 1. Propiedades índices de cada mezcla de suelo y clasificación S.U.C.S.

Mezcla	Granulometría			Límites de Consistencia			G_s	S.U.C.S.	$\omega_{nat.}$	$\gamma_{dmin.}$	Proctor	
	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)			(%)	(kg m^{-3})	$\omega_{ópt}$ (%)	$\gamma_{dméx}$ (kg m^{-3})
0	0.00	99.52	0.48	Sin plasticidad			2.697	SP	0.153	1418	18.57	1567
4	0.00	96.88	3.12	Sin plasticidad			2.699	SP	0.141	1356	15.91	1595
8	0.00	94.44	5.56	Sin plasticidad			2.698	SP-SM	0.132	1350	15.72	1632
12	0.00	91.76	8.24	Sin plasticidad			2.690	SP-SM	0.389	1342	16.15	1653
16	0.00	88.92	11.08	Sin plasticidad			2.693	SP-SM	0.633	1351	14.94	1684
20	0.00	86.88	13.12	Sin plasticidad			2.690	SM	0.512	1375	14.00	1720
24	0.00	83.96	16.04	Inapreciable			2.700	SM	0.846	1464	13.95	1740
32	0.00	78.80	21,20	Inapreciable			2.685	SM	0.900	1349	12.37	1803
40	0.00	73.04	26.96	Inapreciable			2.688	SM	1.143	1296	12.48	1865
48	0.00	68.28	31.72	Inapreciable			2.690	SM	1.053	1282	12.00	1915
64	0.00	58.72	41.28	21.20	17.80	3.40	2.694	SM	1.453	1250	11.50	1960
88	0.00	42.36	57.64	21.80	18.00	3.80	2.697	ML	2.102	1157	13.30	1895
100	0.00	33.80	66.20	22.60	18.70	3.90	2.711	ML	2.510	1093	14.20	1860

Para determinar la conductividad hidráulica saturada de cada mezcla de suelo, se formaron especímenes de 7.0 cm de diámetro y 14.0 cm de altura con compacidades relativas de: 25, 50, 75 y 100 %, de tal forma que cada uno tuviera la relación de vacíos correspondiente a la compacidad relativa de la arena. El suelo de cada mezcla para formar los especímenes de prueba, se humedeció con la correspondiente humedad óptima, se homogeneizó y se dejó reposar en un recipiente con tapa hermética durante 24 horas. El peso volumétrico seco de la arena fina para una compacidad relativa dada se calculó con la siguiente expresión:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{dmín.}}{1 - C_r\left(1 - \frac{\gamma_{dmín.}}{\gamma_{dmáx.}}\right)} \quad (4)$$

dónde: γ_d el peso volumétrico seco para la compacidad relativa deseada; $\gamma_{dmín.}$ el peso volumétrico correspondiente al estado de acomodo más suelto; $\gamma_{dmáx.}$ el peso volumétrico seco correspondiente al estado de acomodo más compacto y C_r la compacidad relativa.

La relación de vacíos de la arena se calculó con la siguiente expresión:

$$e = \frac{G_s\,\gamma_o - \gamma_d}{\gamma_d} \quad (5)$$

dónde: e es la relación de vacíos; G_s la gravedad específica de los sólidos; γ_o el peso volumétrico del agua a 4° C y una atmósfera de presión.

El peso volumétrico seco de los especímenes de cada mezcla de suelo con la relación de vacíos de la arena correspondiente a la compacidad relativa de prueba, se calculó despejando el peso volumétrico seco de la Ec. (5) usando la gravedad específica de cada mezcla. Posteriormente, se calculó el peso de suelo seco de cada especimen con la siguiente expresión:

$$W_s = \gamma_d \times V_m \quad (6)$$

dónde: Ws el peso de suelo seco, V_m es el volumen de la muestra y γ_d el peso volumétrico seco de la mezcla de suelo.

El peso húmedo necesario para formar cada especimen se calculó con la siguiente ecuación:

$$W_h = W_s\left(1 + \omega_{ópt.}\right) \quad (7)$$



donde: W_s es el peso volumétrico húmedo y $w_{ópt.}$ la humedad óptima de cada mezcla.

El suelo se coloca en el cilindro de acrílico en cuatro capas de igual peso, compactando cada una con un pisón metálico de 2.0 kg de peso, con el cual se aplicó la energía de compactación de la prueba Proctor estándar (espécimen); cada capa se escarificó previamente a la colocación de la siguiente para lograr una liga adecuada entre ellas, esto mismo se hizo con la última capa para evitar que la superficie lisa de ésta afectara al proceso de infiltración del agua.

Verificación de la Ley de Darcy

Con un espécimen formado con la mezcla de 4.0 %, la cual contenía 3.12 % de finos y con una compacidad relativa de 25.0 %, se verificó experimentalmente la Ley de Darcy. El peso volumétrico seco de la muestra fue 1,453.6 kg/m^{-3}, tenía un diámetro de 7.0 cm, una altura de14.0 cm y un contenido de agua igual a 15.02 %.

El espécimen se saturó por su parte inferior usando agua destilada, para esto se incrementó gradualmente el nivel del agua a razón de 2.0 cm cada 3 h; durante este proceso se agregó al agua un inhibidor biológico en proporción de 6 gotas por litro (Bussan®, laboratorio Buckman, Cuernavaca, Morelos); luego se colocó el espécimen en el contenedor con vertedor y se ajustó el sistema alimentador de agua para aplicar la diferencia de carga hidráulica (ΔH), teniendo especial cuidado de extraer todas las burbujas de aire atrapadas entre la parte superior del especimen y la placa de plástico superior.

Se aplicó una diferencia de carga hidráulica al especimen y se midió la cantidad de agua infiltrada y el tiempo respectivo para obtener el gasto. Se varió la diferencia de carga hidráulica en cinco ocasiones y en cada una se hicieron cinco determinaciones para obtener un valor promedio del gasto de agua infiltrado. Todas las mediciones se hicieron en un laboratorio con ambiente de temperatura controlado; la temperatura varió de 20.1 a 20.4 °C. Los resultados se muestran en la figura 1, de donde se concluye que la Ley de Darcy se cumple dentro del rango de gradiente hidráulico probado ($0.34 \leq \Delta H/\Delta L \leq 1.10$).

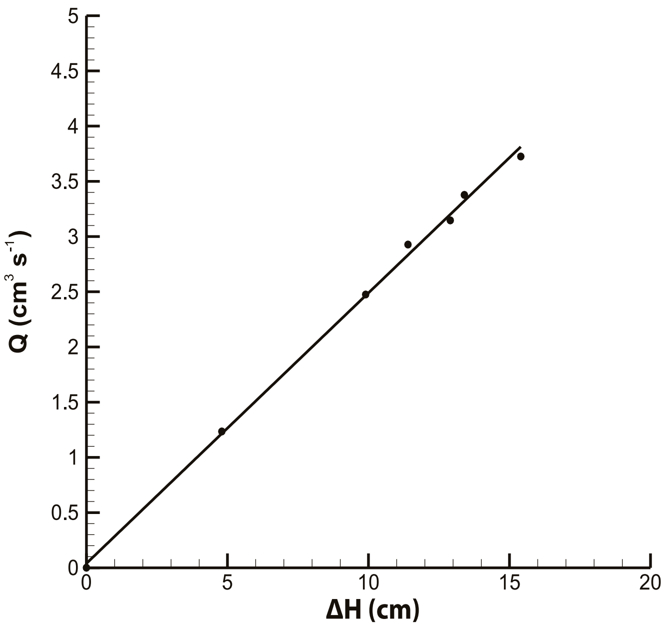


Figura 1. Verificación de la Ley de Darcy.

Medición de la conductividad hidráulica saturada

A cada uno de los especímenes formados con compacidades relativas de 25, 50, 75 y 100% de cada mezcla, se les determinó la conductividad hidráulica saturada con el método del permeámetro de carga constante y con el de carga variable. Todas las pruebas se realizaron en un laboratorio climatizado; sin embargo, debido a la cantidad de pruebas realizadas, las cuales se llevaron a cabo en varios días, la temperatura varió de 18.8 a 25.2 °C; durante el proceso de saturación se utilizó agua destilada y un inhibidor biológico.

Primeramente se determinó la conductividad hidráulica con el permeámetro de carga hidráulica constante, para esto se ajustó el sistema de suministro de agua cuidadosamente, a una altura tal que el gradiente hidráulico aplicado fuera menor que la unidad, manteniendo siempre la válvula del sistema de suministro de agua abierta para mantener la carga hidráulica constante. Previamente a la realización de las pruebas, se



infiltró a través de cada especimen una cantidad de agua durante un tiempo de 10 a 50 minutos para garantizar la condición de flujo establecido, la variación del tiempo se debió al efecto del grado de acomodo y al contenido de finos de los especímenes. A cada especimen se le hicieron cinco determinaciones, variando el tiempo de infiltración de agua, para obtener una conductividad hidráulica promedio. Debido a que en este trabajo se midió el peso de agua infiltrada a través de la muestra, el volumen que aparece en la Ec. (1) se obtuvo en función del peso de agua y el peso volumétrico del agua, por lo que la Ec. (2) queda de la siguiente forma:

$$K_s = \frac{W\ L}{\gamma_\omega\ A\ t\ \Delta H} \tag{8}$$

dónde: W es la cantidad de agua infiltrada, γ_ω es el peso volumétrico del agua a la temperatura de prueba; las demás variables ya fueron definidas.

Una vez realizadas las pruebas con el permeámetro de carga constante, se procedió a medir la conductividad hidráulica de los mismos especímenes con el método del permeámetro de carga variable, para esto se elevó ligeramente el sistema de suministro de agua, se cerró la válvula del sistema (para que la carga hidráulica disminuyera) y al momento en que la columna de agua pasó por la marca de la carga hidráulica inicial, se accionó el cronómetro para medir el tiempo que tardó la columna de agua en llegar a la marca de la carga hidráulica final, momento en el cual se registró el peso de agua infiltrado y su temperatura. Debido a la rapidez con que se infiltró el agua en la mayoría de los especímenes de las mezclas de suelo, se hicieron diez determinaciones para obtener un promedio de la conductividad hidráulica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la conductividad hidráulica saturada obtenidos con el método de carga variable y carga constante, se muestran en las figuras 2 y 3, respectivamente.

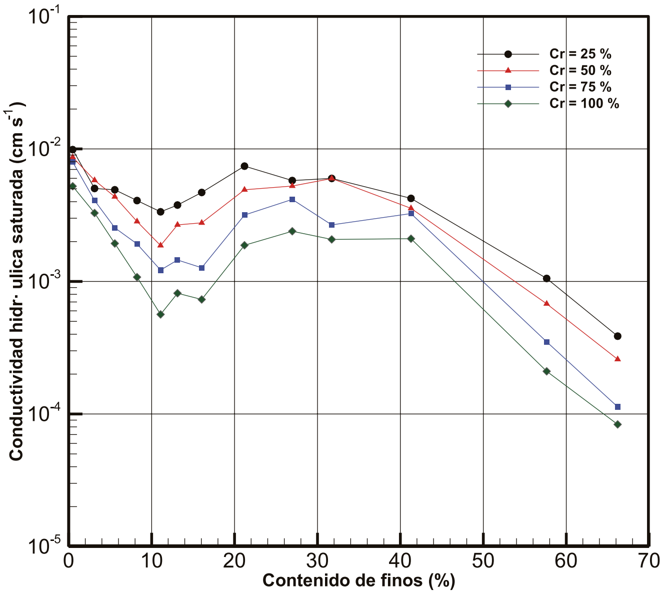


Figura 2. Variación de K_s con el contenido de finos y la compacidad relativa, permeámetro de carga constante.

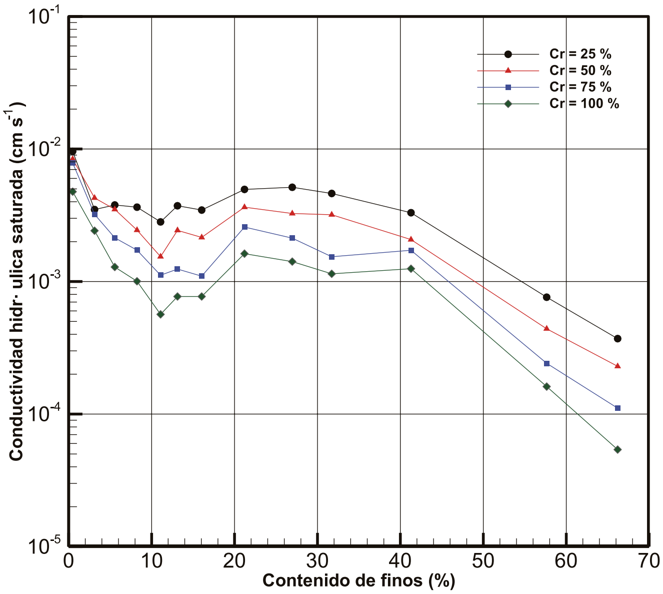


Figura 3. Variación de K_s con el contenido de finos y la compacidad relativa, permeámetro de carga variable.

La conductividad hidráulica saturada disminuyó al aumentar la compacidad relativa para el mismo contenido de finos en todas las muestras de suelo. Los valores de K_s obtenidos con el método de carga constante fueron ligeramente mayores que los obtenidos con el método de carga variable. La variación de K_s con el contenido de finos y compacidad relativa, presentó el mismo patrón de comportamiento con ambos métodos de prueba.

El valor de K_s disminuyó al incrementarse el contenido de finos de 0.48 a 11.08 % para todas las compacidades

relativas, sólo en los especímenes con compacidad relativa de 100 % la disminución fue de un orden de magnitud (10^{-3} a 10^{-4} cm s^{-1}). Al incrementar el contenido de finos de 11.08 a 16.04 %, la conductividad hidráulica aumentó ligeramente en todos los casos y ese incremento fue mayor cuando el contenido de finos fue de 21.20 %. Cuando el contenido de finos aumentó hasta 31.72 %, los valores de K_s se mantuvieron prácticamente constantes dentro del orden de magnitud de 10^{-3} cm s^{-1}; disminuyó ligeramente para los especímenes con 41.28 % de finos, pero en el mismo orden de magnitud.

Las muestras con contenido de finos igual a 57.64 % disminuyeron el valor de K_s en un orden de magnitud de 10^{-3} a 10^{-4} cm s^{-1} para todas las compacidades relativas; en las muestras con contenido de finos igual a 66.20 %, los valores de K_s disminuyeron manteniéndose dentro del orden de de 10^{-4} cm s^{-1} y sólo en las muestras con compacidad relativa de 100 % el valor de K_s disminuyó hasta el orden de magnitud de 10^{-5} cm s^{-1}.

Influencia de la relación de vacíos. Una de las causas que podrían explicar la variación de K_s con el contenido de finos, es que las muestras no se hayan formado adecuadamente con la relación de vacíos deseada; en la figura 4 se presenta la variación de la relación de vacíos con el contenido de finos; en dicha gráfica se observa que la relación de vacíos es prácticamente constante para cada compacidad relativa, y por lo tanto, no explica la variación de K_s.

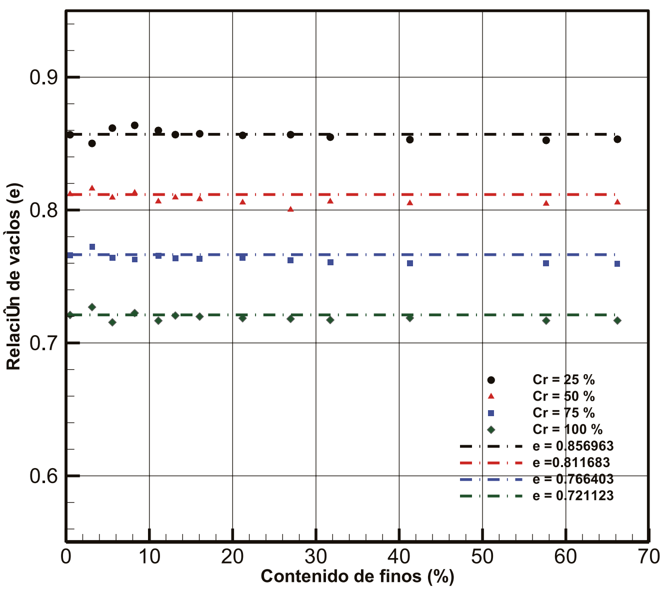


Figura 4. Variación de la relación de vacíos de las muestras con el contenido de finos y la compacidad relativa.

Influencia de la temperatura. Se considera comúnmente que el efecto de la temperatura sobre K_s se debe principalmente a cambios en la viscosidad del agua, debido a que existe una relación de proporcionalidad entre K_s y ésta [3]; bajo esta suposición, el cambio de temperatura del agua infiltrada entre pruebas realizadas en mezclas consecutivas (18.8 a 25.2 °C) no es suficiente para explicar las variaciones en el valor de K_s.

Arrastre de finos. El arrastre de partículas finas por efecto del flujo de agua, también se consideró como una de las posibles causas de la variación de K_s; sin embargo, no se observó turbiedad en el agua que indicara la salida de partículas finas de la muestra, aún cuando el gradiente hidráulico se aumentó para realizar las pruebas con el método de carga variable (la variación de K_s fue la misma con ambos métodos de prueba), por lo que esta causa se descarta.

Crecimiento de bacterias. El crecimiento de bacterias puede ocasionar una reducción importante de K_s con el tiempo, ya que pueden obstruir los poros del suelo [7]. En nuestro caso, esta hipótesis puede descartarse debido a que durante todo el proceso de saturación se usó un inhibidor biológico; además las pruebas se hicieron con agua destilada y las mediciones duraron cuando mucho tres horas.

CONCLUSIONES

Se pudo realizar la caracterización hidrodinámica de una arena limpia a la cual se le añadieron distintos porcentajes de finos limosos, para cuatro compacidades relativas diferentes (25, 50, 75 y 100 %), usando el método del permeámetro de carga constante, y el de carga variable.

El valor de K_s disminuye al aumentar la compacidad relativa, independientemente del contenido de finos.

Los valores de K_s obtenidos con el método del permeámetro de carga constante fueron ligeramente mayores a los obtenidos con el método del permeámetro de carga variable, para todas las compacidades relativas.

Se puede considerar que no hubo variación significativa en los valores de K_s con el contenido de finos y la compacidad relativa, hasta que el contenido de finos fue superior a 41.28 %.

BIBLIOGRAFÍA

[1] L. Gao, M. Shao y Y. Wang. "Spatial scaling of saturated hydraulic conductivity of soils in a small watershed on the loess plateau, China". Soils Sediments Journal 12: pp. 863-875. 2012.

[2] T. Lambe y R. Whitman R. "Mecánica de suelos". LIMUSA (ed), México, D.F. 582 p. 2010.

[3] D. Hillel. "Fundamentals of soil physics". Academic press (ed), London (UK). 413 p. 1980.

[4] B. Juárez y R. Rico. "Mecánica de suelos I". LIMUSA (ed), México, D.F. 642 p. 1989.

[5] G. Spangler y R. Handy. "Soil Engineering". Harper & Row Publishers (ed). New York (USA). 819 p. 1982.

[6] D. Daniel, D. "Hydraulic conductivity and waste contaminant in soil". American Society for Testing and Materials (ASTM) 1142: pp. 16-42. 1994.

[7] P. Vandevivere y P. Baveye. "Saturated hydraulic conductivity reduction caused by aerobic bacteria in sand columns". Soil Science American Journal. 56 p. 1992.

APLICACIONES DE LA QUÍMICA SUPRAMOLECULAR: SÍNTESIS DE UN SENSOR CON PROPIEDADES FLUORESCENTES EN SOLUCIÓN Y EN FASE SÓLIDA PARA LA DETECCIÓN SELECTIVA DE LITIO

Applications of supramolecular chemistry: synthesis of fluorescent sensor in solution and in solid phase for selective detection of lithium

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Hisila Santacruz Ortega [1]
Luis Miguel López Martínez [2]
Gabriela Ivonne Valenzuela Orduño [3]
Rocio Sugich Miranda [4]
Enrique F. Velázquez Contreras [5]

Recibido: 18 de marzo de 2016,
Aceptado: 30 de mayo de 2016

Autor de Correspondencia:
Dra. Hisila Santacruz Ortega
Correo: hisila@polimeros.uson.mx

Resumen

El presente trabajo reporta la síntesis de un nuevo sensor fluorescente de cadena abierta tipo biscromofórico con grupos éter y aminos como unidades receptoras y naftaleno como unidad indicadora (L1), y la síntesis del ligante (M1) por el método de síntesis orgánica en fase sólida (SOFS) soportado en resina de Merrifield el cual presenta una estructura similar a L1; para ambos ligantes se llevaron a cabo estudios de complejación por la técnica de fluorescencia con los metales alcalinos Li^+, Na^+ y K^+. Los estudios de complejación con M1 mostraron un aumento de la fluorescencia en presencia de Li^+ y Na^+, y una respuesta nula en presencia de K^+, mientras que L1 presenta una respuesta incremento de fluorescencia para Li^+, con un aumento de 1.2 veces en la intensidad de la banda emisión de monómero y 6 veces en la banda de emisión de excímero; Na^+ y K^+ no afectan la fluorescencia de L1.

Palabras clave: Sensor fluorescente, fluorescencia, monómero, excímero.

Abstract

This work reports the synthesis of a new fluorescent sensor type open chain bischromophoric, with ether and amino groups as receiver units and naphthalene as indicator unit (L1), and the synthesis of M1 by methodology of synthesis organic phase solid (SOFS) supported in Merrifield resin, which has a similar structure to L1. For both ligands complexation studies by fluorescence technique with alkali metals (Li^+, Na^+ and K^+) were carried out. Coordination studies with M1 showed increased fluorescence response in presence of Li^+ and Na^+ and no response in presence of K^+, whereas L1 present an increased fluorescence response for Li^+, an increase of 1.2 times in the intensity of monomer emission band and 6 times in the excimer emission band; Na^+ and K^+ did not affect the fluorescence of L1.

Keywords: *fluorescent sensor, fluorescence, monomer, excimer.*

Correo: hisila@polimeros.uson.mx 1
Correo: luismiguellopezmartinez@gmail.com 2
Depto. de Investigación en Polímeros y Materiales, Universidad de Sonora
Correo: gabrielai.valenzuelao@gmail.com 3
Correo: rsugich@polimeros.uson.mx 4
Correo: evlzqz@guaymas.uson.mx 5
Depto. de Ciencias Químico Biológicas, Universidad de Sonora

INTRODUCCIÓN

La química supramolecular es un área de investigación de gran interés y es considerada por diversos grupos pieza clave en el área de las ciencias analíticas [1] [2]. Uno de los campos de la química supramolecular se centra en el diseño de ligantes fluorescentes capaces de unirse selectiva y reversiblemente a un analito, lo que resulta en un cambio de las propiedades físicas y químicas del sistema. Las funciones básicas de tales ligantes son los procesos de reconocimiento, auto ensamblaje, catálisis y transporte [1] [3] [4]. Debido a sus propiedades, los ligantes fluorescentes ofrecen importantes y atractivas aplicaciones al campo de la química analítica, de hecho permiten llevar a cabo mediciones en tiempo y espacio real cuando se sintetizan en solución, incluso cuando se utilizan inmovilizados en materiales. Una de las aplicaciones de los sensores basados en fluorescencia es la detección de iones metálicos (Li^+, Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+}, Al^{3+}, Cd^{2+}, etcétera), sin embargo también pueden ser utilizados para la detección de aniones (haluros, citrato, carboxilatos, fosfatos y ATP) u otras especies difíciles de reconocer, como especies neutras y gases (O_2, CO_2, NO, etcétera) [5].

Los métodos más comunes para la detección de metales son la espectrometría de absorción atómica, la voltamperometría de redisolución anódica y la espectrometría de masas con fuente de plasma de acoplamiento inductivo. Estos métodos difieren considerablemente en términos de capacidad analítica (límites de detección, precisión), requisitos técnicos (preparación de la muestra, calibración, personal capacitado) y costos, de igual manera se consideran técnicas caras y generalmente sofisticadas que dificultan la medición en tiempo real. En contraste, los métodos basados en fluorescencia ofrecen distintas ventajas en selectividad, sensibilidad, respuesta en tiempo real y bajo costo [6]. En la actualidad se han desarrollado muchos sensores fluorescentes e incluso algunos de ellos son comerciales, sin embargo todavía se necesita diseñar sensores más selectivos y menos perturbables por el medio.

Por otra parte, el litio es un metal alcalino que tiene múltiples aplicaciones, principalmente en la industria del vidrio y la cerámica, en la producción de baterías [7] [8] y con menor frecuencia en la industria farmacéutica en la elaboración de medicamentos para tratar la depresión [9]. La contaminación por baterías y pilas de desecho, así como los daños a la salud que pueden generar el litio contenido en ellas, promueven la necesidad de que estos residuos sean tratados de manera eficaz con la finalidad de recuperar el metal y que pueda ser reutilizado. Actualmente no se conoce ningún estudio que evalúe el impacto al ambiente ocasionado por la utilización y manejo inadecuado de pilas y baterías en México.

Dado que el litio no se produce en México existe además una razón económica para su detección selectiva y recuperación a partir de baterías [7] [8].

Con la finalidad de avanzar en el desarrollo de un método adecuado para la detección y recuperación selectiva de litio, en este trabajo se realizó la síntesis de un nuevo ligante del tipo biscromofórico (L1), el cual posee en su estructura grupos donantes éter y aminos, y presenta como unidad indicadora al naftaleno (Figura 1); también se realizó la inmovilización en fase sólida de un ligante similar a L1 (M1) (Figura 1). Por último, se evaluó la capacidad de L1 y M1 de reconocer los metales alcalinos Li, Na y K por la técnica de fluorescencia.

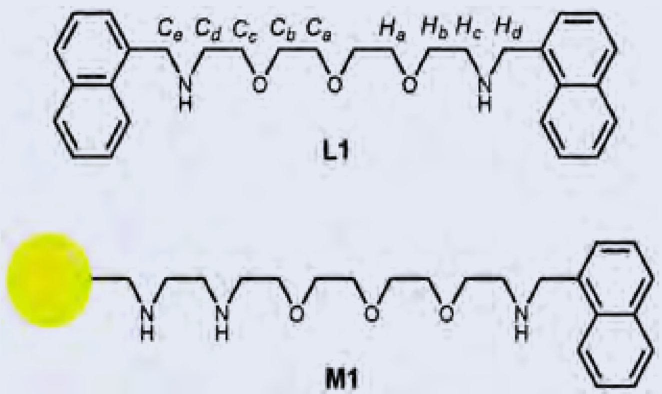
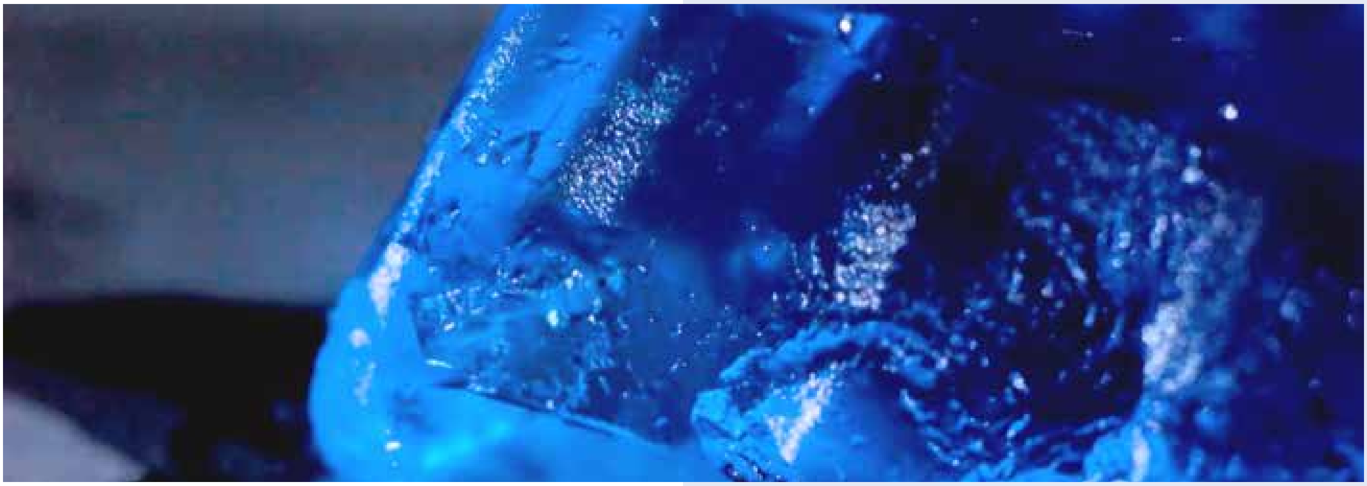


Figura 1. Estructuras de los ligantes sintentizados.



EXPERIMENTAL

Síntesis del ligante N,N´-((oxibis(etano-2,1-diil)) bis(oxi))bis(metilen))bis(1-(naftalen-1-il)metamina (L1)

La síntesis del ligante L1 se llevó a cabo mediante la reacción entre el bis[2-(2-cloroetoxi)etil]éter con la amina 1-naftalen-il-metilamina. En un matraz de reacción se colocaron 10 mL de diclorometano (DCM) y se adicionaron el bis[2-(2cloroetoxi)etil]éter (0.2 mmol), la amina 1-naftalen-il-metilamina (0.4 mmol) y K_2CO_3 (2.5 mmol). La reacción se dejó en agitación constante y a temperatura ambiente por 72 horas (Figura 2). Transcurrido el tiempo de reacción se obtuvo un líquido amarillo el cual fue filtrado para separarlo del K_2CO_3, posteriormente el líquido filtrado se evaporó a temperatura ambiente. Una vez seco se obtuvo un líquido viscoso de color café, el cual fue purificado con lavados de etanol/agua en porciones 50/50%. El producto se secó en estufa de vacío. Una vez obtenido el producto, se caracterizó mediante distintas técnicas espectroscópicas, Infrarrojo (IR), Resonancia magnética nuclear de ^{1}H y ^{13}C (RMN), Ultravioleta visible (UV-Vis), Fluorescencia, además de Espectrometría de masas.

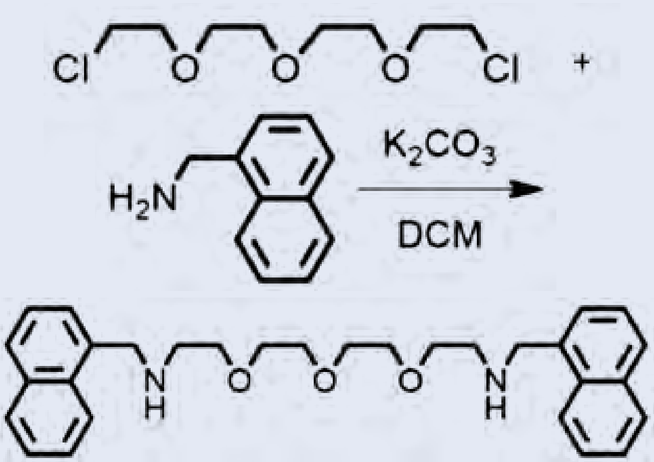
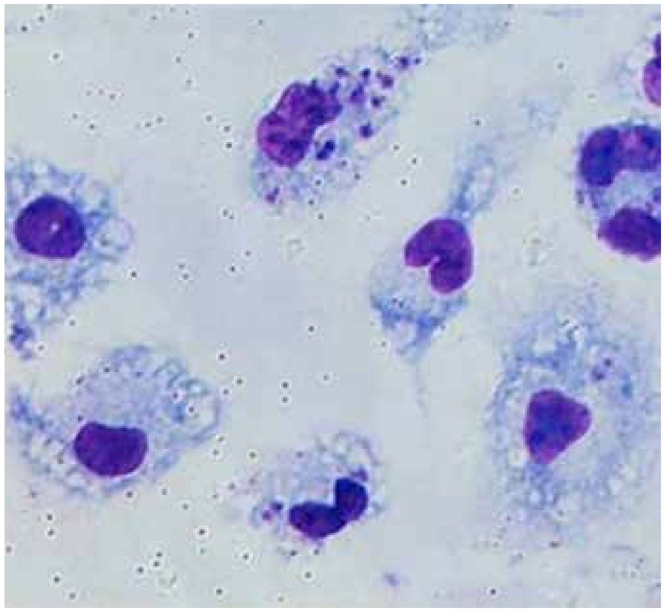


Figura 2. Esquema de la síntesis del ligante L1.

Síntesis del ligante soportado en resina Merrifield (M1)

La síntesis del ligante M1 se obtuvo en diferentes pasos mediante la síntesis orgánica en fase sólida (SOFS). Primeramente se lleva a cabo la modificación del espaciador. En un matraz de reacción se colocaron 200 mg de la resina Merrifield y se adicionaron aproximadamente 10 mL de N,N-dimetilformamida (DMF), posteriormente se agregó K_2CO_3 (1.5 mmol) y etilendiamina (1.5 mmol). El matraz se colocó en una placa de agitación elíptica y se dejó reaccionar por 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo de reacción se llevó a cabo la purificación con filtrados y lavados con agua, etanol y acetona. El producto obtenido se secó a vacío por 6 horas. Para determinar que la modificación de la resina se llevó a cabo, se realizó la prueba colorimétrica de Kaiser que sirve para comprobar



si se encuentran presentes los grupos aminos terminales esperados.

Posteriormente a la modificación del espaciador se inmovilizó la unidad quelante. Se colocaron 150 mg de la resina modificada en un matraz de reacción y se adicionaron 10 mL de DMF, trietilamina (1.13 mmol) y bis[2-(2-cloroetoxi)etil]éter (1.13 mmol). El matraz se colocó en una placa de agitación elíptica por 24 horas, transcurrido el tiempo de reacción se lavó la resina con DCM y éter anhidro. El producto obtenido se secó a vacío por 6 horas.

Por último se llevó a cabo la inmovilización de la unidad indicadora. Se colocó la resina con el grupo quelante (130 mg) en un matraz de reacción y se adicionó DMF (10 mL), K_2CO_3 (1 mmol) y 1-naftalen-metilamina (1 mmol). El matraz se colocó en una placa de agitación elíptica y se dejó reaccionar por 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo de reacción el producto se lavó con agua, etanol y acetona, posteriormente se secó a vacío por 6 horas y se caracterizó. La figura 3 muestra el esquema de síntesis del ligante soportado M1. Cada etapa de síntesis se caracterizó por IR y fluorescencia.

Caracterización

Los espectros de masas se obtuvieron en la Universidad de Arizona, la muestra se analizó por la técnica de ESI, utilizando un equipo de espectrometría de masas de alta resolución marca JEOL modelo XH110A. Los espectros de infrarrojo se obtuvieron en pastillas de KBr, utilizando un espectrómetro FT-IR Perkin-Elmer Modelo Spectrum 2. Los espectros de RMN de ^{1}H y ^{13}C se obtuvieron a temperatura ambiente en un espectrómetro de resonancia magnética nuclear Bruker Avance 400, utilizando una frecuencia de 400 MHz para ^{1}H y de 100 MHz para ^{13}C. Para llevar a cabo la medición por RMN, el compuesto se disolvió en $CDCl_3$. Los espectros de absorción electrónica se obtuvieron en un espectrofotómetro de ultravioleta-visible de

arreglo de diodos marca Agilent modelo 8545. Todas las mediciones se llevaron a cabo a temperatura ambiente. Los espectros de emisión y de excitación se obtuvieron en un espectrofotómetro de Luminiscencia marca Perkin-Elmer, modelo LS50B a temperatura ambiente.

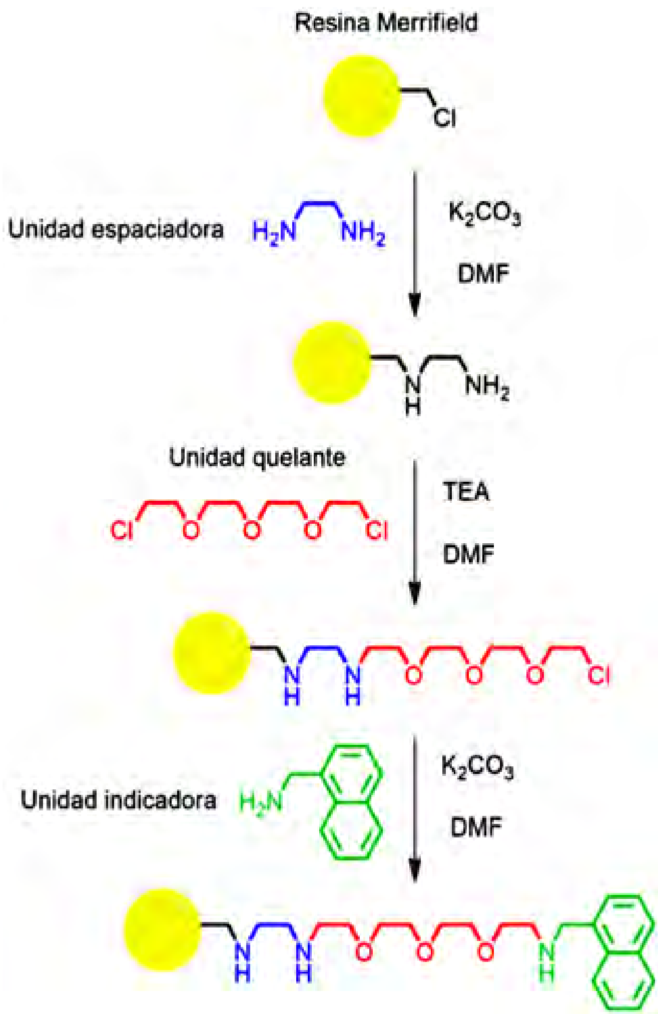


Figura 3. Esquema de la síntesis del ligante soportado M1.

Estudio de coordinación metálica del ligante L1 por fluorescencia

Los estudios de formación de complejos metálicos en solución, se llevaron a cabo por titulaciones espectrofluorimétricas a 25°C en soluciones del ligante en buffer MOPS [0.01 M] a pH = 7. En una celda de cuarzo se colocaron 3.0 mL de solución del ligante L1 [$1x10^{-6}$ M] y se adicionaron consecutivamente volúmenes de 10 µL de solución del cloruro del metal a evaluar, con la finalidad de variar la relación [M]/[L]. Después de cada adición la solución se agitó por 3 minutos utilizando un agitador magnético y enseguida se tomó el espectro emisión a una λ_{ex} de 290 nm (Figura 4a). Ventana espectral de 300 a 600 nm, utilizando un slit de excitación y de emisión de 5 nm.

Estudio de coordinación metálica del ligante soportado M1 por fluorescencia

La evaluación de la capacidad de aplicación como sensor de M1 se llevó a cabo mediante estudio de fluorescencia utilizando un sistema de flujo (Figura 4b). El cual consistió en colocar de 12-13 mg del material en la celda de flujo y tomar el espectro de fluorescencia, enseguida se le hizo pasar una solución acuosa y se le inyectó 100 µL de la solución del metal a evaluar y nuevamente se tomó el espectro de fluorescencia después de cada inyección.

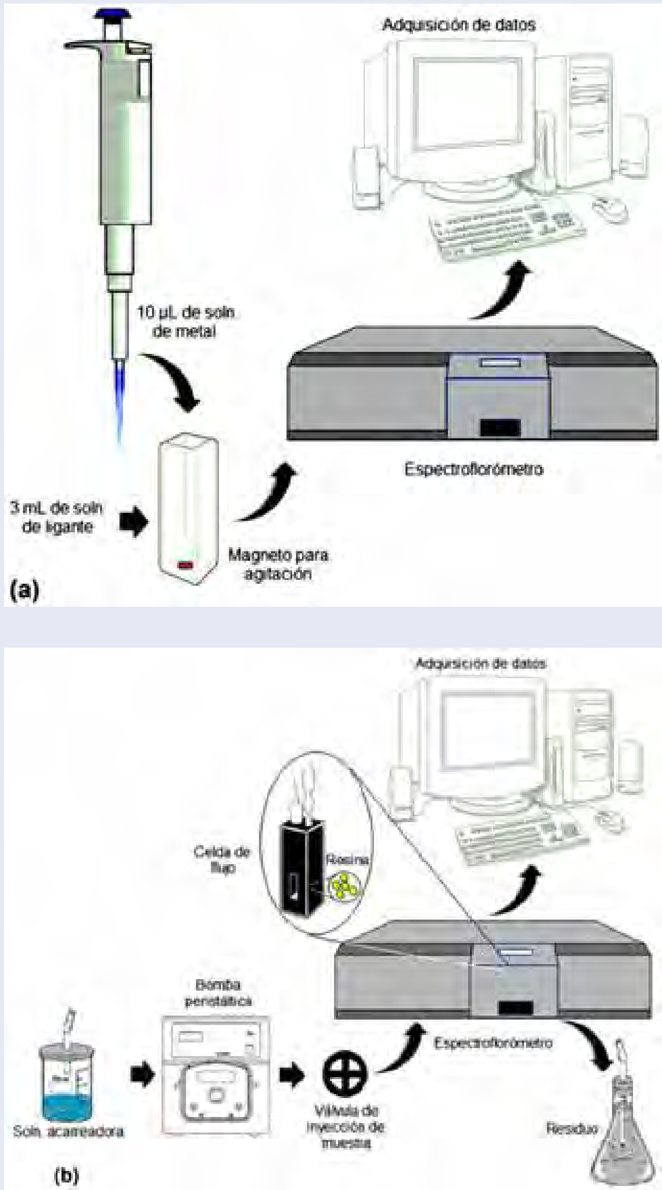


Figura 4. Representación de los estudios de coordinación del ligante L1 (a) y M1 (b) por fluorescencia.

RESULTADOS

Síntesis del ligante L1

De la reacción entre el bis[2-(2cloroetoxi)etil]éter con la amina 1-naftalen-il-metilamina, se obtuvo el ligante de cadena abierta tipo biscromofórico; N,N´-((oxibis(etano-2,1-diil))bis(oxi))bis(metilen))bis(1-(naftalen-1-il)metamina (L1). El nuevo compuesto sintetizado L1 se obtuvo con un rendimiento del 85 % y presentó las siguientes características: se obtuvo como una sustancia viscosa de color café, altamente soluble en acetona y etanol. La caracterización del compuesto a través de las distintas técnicas espectroscópicas confirma la obtención del producto puro. Los espectros de IR muestran bandas vibracionales de estiramientos y flexiones correspondientes a los grupos funcionales presentes en el ligante L1. A 3328 cm^{-1} se presenta el estiramiento N-H de los grupos aminos; a 3046 cm^{-1} estiramientos C-H del tipo sp^2; en 2927 cm^{-1} aparecen los estiramientos C-H alifáticos, en 1127 cm^{-1} aparece el estiramiento C-O. En 760 cm^{-1} se presentan las vibraciones de flexión correspondiente al grupo NH mientras que en 673 y 589 cm^{-1} se presentan las bandas de vibración C-H características del grupo naftaleno. La caracterización por resonancia magnética nuclear (RMN) de ^1H y ^{13}C confirman la estructura esperada. RMN de ^1H ($CDCl_3$, 400 MHz) δ en ppm: 7.0-8.2 (7H, naftalenos), 4.3 (s, 2H, H_d), 3.68 (t, 2H, H_b), 3.5 (s, 2H, H_a), 2.68 (t, 2H, H_c). RMN de ^{13}C ($CDCl_3$, 100 MHz) δ en ppm: 120-140 (carbonos naftaleno), 70.54 (C_a), 70.49 (C_b), 70.27 (C_c), 51.11 (C_e), 48.92 (C_d). La figura 1 muestra la asignación de las señales para el L1 por RMN de ^1H y ^{13}C. Espectrometría de masas de alta resolución (MS-ESI) arrojó la señal del ion molecular 473.2 correspondiente $[LH]^+$ y coincide para la fórmula molecular $C_{30}H_{36}N_2O_3$. Los espectros de UV-Vis en etanol muestran dos bandas, una a 217 nm (ε_{max} = 2.71 x 10^5 M^{-1} cm^{-1}) y otra banda estructurada con máximos a 271 nm (ε_{max} = 8.7 x 10^4 M^{-1} cm^{-1}), 282 nm (ε_{max} = 1.17 x 10^5 M^{-1} cm^{-1}) y 292 nm (ε_{max} = 7.85 x 10^4 M^{-1} cm^{-1}), las cuales corresponden a transiciones *π-π**, de los anillos aromáticos en la molécula. Los espectros de excitación y emisión de fluorescencia en etanol presentan dos bandas, una centrada a 220 nm y otra a 276 nm. Mientras que el espectro de emisión está constituido por dos bandas; una banda centrada a 338 nm correspondiente al monómero de naftaleno y otra de menor intensidad a 404 nm, característica a la emisión de excímero de naftaleno.

Los resultados de la caracterización por las diferentes técnicas analíticas indican la obtención del producto esperado.

Síntesis del ligante L1

La síntesis de este ligante M1 se obtuvo mediante síntesis orgánica en fase sólida (SOFS). El ligante M1 tiene una estructura similar al ligante L1, sin embargo este ligante se encuentra soportado en una resina (resina de Merrifield), lo cual hace que el ligante sea poco soluble en la mayoría de los solventes y dificulte su caracterización por distintas técnicas. El ligante M1 se caracterizó a través de espectroscopia de IR y fluorescencia, además de la prueba colorimétrica de Kaiser. Primeramente, se caracterizó la resina de Merrifield por la técnica de IR; el espectro muestra las vibraciones propias del material poliestireno, el cual presenta bandas de vibración de los grupos aromáticos en las regiones de 3100-3000 cm^{-1} correspondientes a estiramientos C-H del tipo sp^2; en el rango de 2000-1600 cm^{-1} aparecen los sobretonos de los grupos aromáticos y en 1600 cm^{-1} los estiramientos C-C doble enlace. Por otra parte, también se observa el estiramiento C-Cl a 874 cm^{-1}. Al llevar a cabo la reacción de la resina de Merrifield con la etilendiamina (unidad espaciadora), el espectro de IR del producto muestra las siguientes bandas de vibración además de las bandas propias de la resina: en 3321 cm^{-1} aparece el estiramiento N-H correspondiente al grupo amino de la unidad espaciadora, en 1674 cm^{-1} se encuentra presente la flexión del grupo NH_2; además de estas bandas también se observa el estiramiento C-N a 1180 cm^{-1} mientras que la banda asignada al estiramiento C-Cl a 874 cm^{-1} propia de la resina desaparece. Esta reacción también se caracterizó a través de la prueba colorimétrica de káiser, la cual resultó ser positiva ya que las resinas se colorean de color azul y confirman la presencia de grupos aminos primarios en la molécula.

Posteriormente, se llevó a cabo la inmovilización de la unidad quelante, haciendo reaccionar la resina que contiene la unidad espaciadora con el reactivo bis[2-(2-cloroetoxi)etil]éter. El espectro de IR del producto de la reacción presenta una banda de estiramiento N-H a 3659 cm^{-1} correspondiente a los grupos aminos secundarios y la banda de estiramiento de los éteres a 1027 cm^{-1}, lo cual indica que se llevó a cabo la reacción. Esta reacción también se monitoreó por la prueba de Kaiser con el fin de corroborar la presencia de grupos aminos primarios sin reaccionar y el resultado fue negativo, lo que indica que todos los grupos aminos primarios de la resina reaccionaron con el bis[2-(2-cloroetoxi)etil]éter. Por último se llevó a cabo la reacción de la resina modificada con el 1-naftalen-metilamina, el espectro de IR presentó las bandas de vibración antes mencionadas con la intensificación de la banda del estiramiento C-H del tipo sp^2 y de la banda N-H, además de la ausencia de la banda del estiramiento C-Cl a 820 cm^{-1}. De esta manera se demostró la obtención del ligante M1. Por otra parte, los espectros de excitación y emisión por fluorescencia del ligante M1 muestran que el espectro de excitación está constituido por una banda centrada a 355 nm y el espectro de emisión consta de una banda centrada a 386 nm ambas correspondientes al grupo naftaleno.

Estudios de reconocimiento por fluorescencia

Estudios en solución con L1

La evaluación de la respuesta sensora del ligante L1 con los metales Li^+, Na^+ y K^+ se llevó a cabo un estudio cualitativo

de la formación del complejo. Se estudiaron adicionales a Li^+ los cationes Na^+ y K^+, porque en la recuperación del Li^+ se utilizan Na_2CO_3 y K_2CO_3, para formar Li_2CO_3, por lo que es importante conocer si el ligante presenta respuesta por la presencia de estos iones [10] [11]. La figura 5 muestra los espectros de emisión del ligante L1 libre y de los complejos formados en solución. Se observó que el único ion que provocó un cambio significativo en la emisión del ligante L1 fue el ion Li^+, el cual aumentó la emisión de L1 en casi un 50%, en cambio la presencia de los iones Na^+ y K^+ fue un incremento menor del 10%. Por estos resultados se decidió llevar a cabo un estudio más detallado con el ion Li^+.

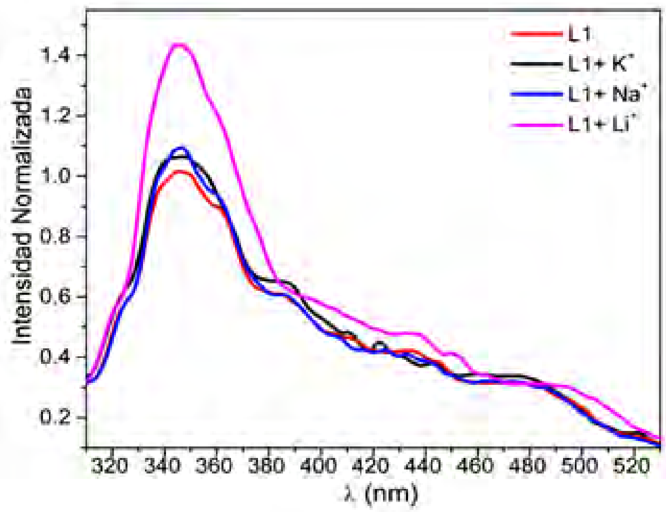
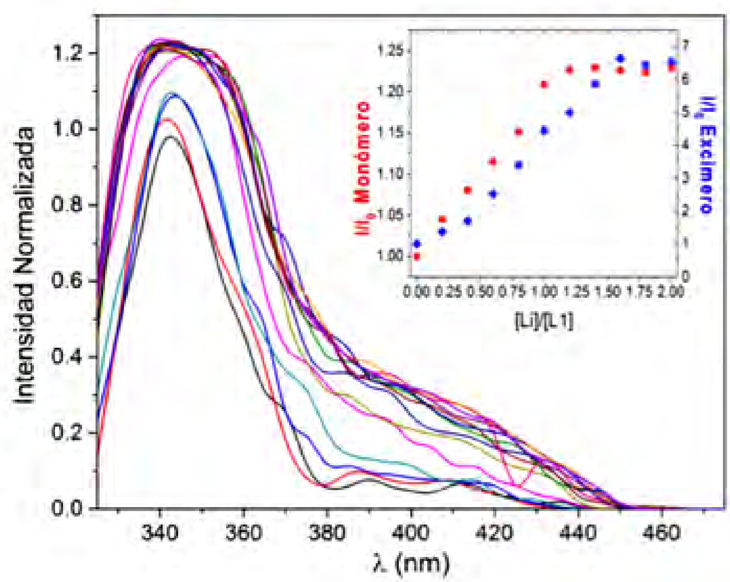


Figura 5. Prueba cualitativa del ligante L1 con los metales Li^+, Na^+ y K^+. L1 [$1x10^{-6}$ M] en buffer MOPS [0.01 M] a pH = 7, λ_{ex} = 290 nm.

Se llevó a cabo una titulación del ligante L1 [$1x10^{-6}$ M] con alícuotas de 10 µL de solución de LiCl [$3x10^{-4}$ M] con el fin de variar la relación [Li^+]/[L1]. Los espectros de este estudio se muestran en la figura 6. Se observó que al ir adicionando la solución del metal, tanto la banda de emisión de monómero (335 nm), como la de excímero (400 nm) incrementaron su intensidad de emisión. A medida que la relación [Li^+]/[L1] cambia de 0 a 1, la banda de emisión de monómero se hace más intensa aumentando un 20% su intensidad, lo que sugiere una estequiometria 1:1, (M:L). Los cambios más significativos se presentaron en la banda de emisión a 400 nm correspondiente a la emisión de excímero de naftaleno; esta banda aumento más de 6 veces su intensidad al formarse el complejo en solución. El aumento en la intensidad de emisión del ligante al formar el complejo se puede atribuir al aumento en la rigidez del sistema debido a la coordinación. Esto provoca un aumento en la eficiencia cuántica del sistema ya que disminuyen las rutas vibracionales para el decaimiento no radiativo. Otro factor que opera en el sistema estudiado, y que contribuye al incremento en la intensidad de emisión de excímero, es el cambio conformacional. Al formarse el complejo, el ligante L1 cambia su conformación, permitiendo un arreglo en que los anillos de naftaleno se acercan originando una interacción del tipo π-π, formación del excimero de naftaleno. En la figura 6 se representa un posible arreglo de la formación del complejo. De los cambios observados en los espectros de emisión por la presencia de litio, se determinó el límite de detección en el sistema, tanto en la banda de monómero como la de excímero, encontrando valores de 1.6 $X10^{-8}$ M y 3.9 $X10^{-8}$ M respectivamente. En ambas bandas el sistema presenta linealidad hasta concentración de $1X10^{-6}$ M. Lo destacado del sistema sintetizado en este trabajo es que la molécula sensora es un ligante abierto del tipo biscromofórico ya que la mayoría de los sensores para litio son del tipo macrocíclico, algunos de ellos con muy buenas respuestas [12].



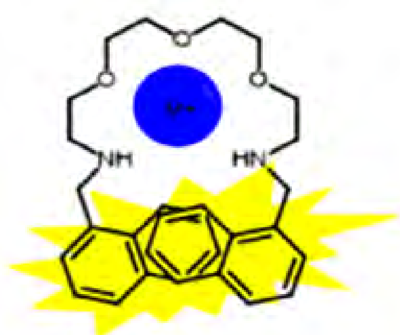
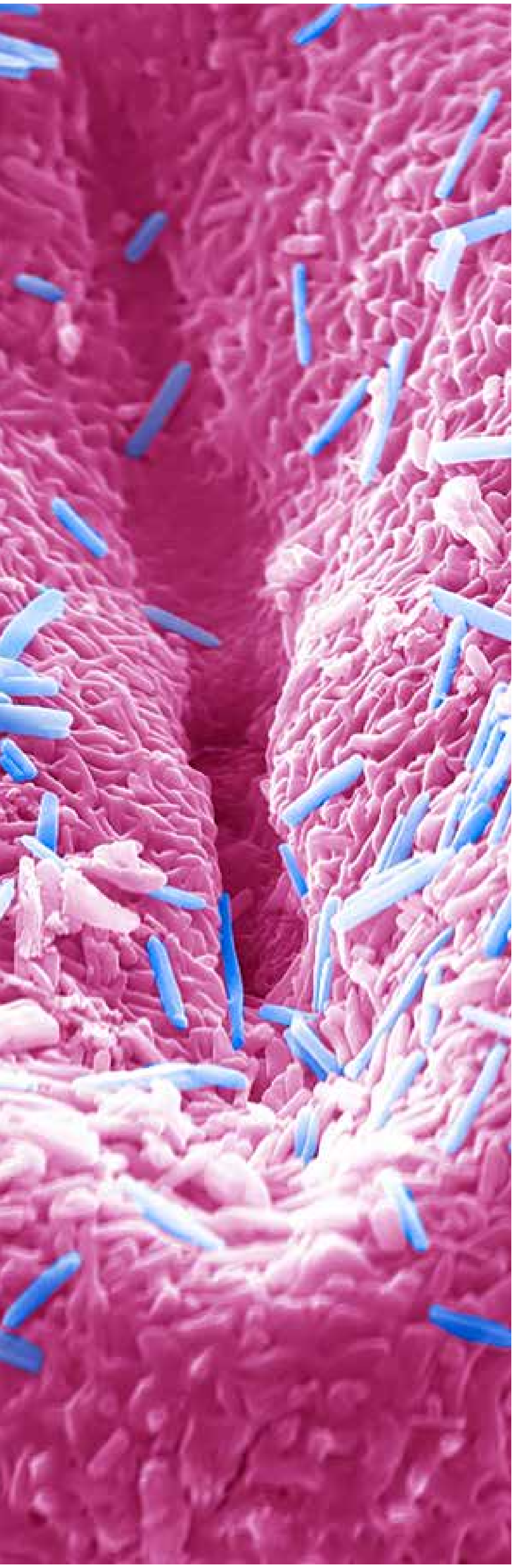


Figura 6. Espectro de emisión del ligante L1 a diferentes concentraciones de Li^+. L1 [$1x10^{-6}$ M] en buffer MOPS [0.01 M] a pH = 7, λ_{ex} = 290 nm. Inserto: Efecto de la concentración del metal sobre la intensidad de fluorescencia del excímero a λ_{ex} = 400 nm.



Estudios en fase sólida con M1

Se realizó un estudio cualitativo de la respuesta sensora del ligante M1 con los metales Li^+, Na^+ y K^+, el cual consistió en colocar de 12-13 mg de M1 en una celda de flujo, posteriormente se le hizo pasar agua deionizada y se tomó el espectro. A continuación se le hizo pasar la solución del catión a evaluar ([0.01 M], pH = 7) por varios minutos para asegurar que todos los sitios del material M1 tuvieran contacto con el metal y posterior a esto se adquiere el espectro. Posteriormente, se hizo pasar por varios minutos agua deionizada y nuevamente se adquirió el espectro. Se encontró respuesta para el catión Li^+ y Na^+ y una respuesta nula para K^+.

Con la finalidad de determinar la respuesta sensora hacia los cationes Li^+ y Na^+ se realizó un estudio que consistió en inyectar 100 µL de la solución del metal a evaluar, con una concentración de $1.5x10^{-3}$ M, a un sistema de flujo; cuando la solución del metal llegó a la zona de lectura, se adquirió el espectro de emisión. Este procedimiento se repitió hasta que se observó que la emisión se mantuvo constante. Las figuras 7 y 8 muestran los espectros de emisión del ligante M1 con las diferentes inyecciones de las soluciones de Li^+ y Na^+, respectivamente, utilizando una λ_{ex} de 355 nm. La figura 7 correspondiente a las inyecciones de Li^+, muestra que a partir de la concentración de $1X10^{-6}$ M, la emisión del M1 se incrementó en forma gradual hasta una concentración de $3.6X10^{-6}$ M; posterior a esta concentración el sistema se mantuvo constante. En el recuadro de la figura 7 se indica como cambió la intensidad de fluorescencia a 400 nm a diferentes concentraciones de Li^+. Algo importante encontrado en este sistema de estudio es que el metal se une fuertemente a la unidad quelante, es decir que M1 además de indicar la presencia del metal también se puede utilizar para remover el metal en una muestra, cuando se presenta este tipo de respuesta se dice que el material presenta respuesta de dosímetro. Se determinó el límite de detección de este sistema y se encontró $1.67X10^{-7}$ M.

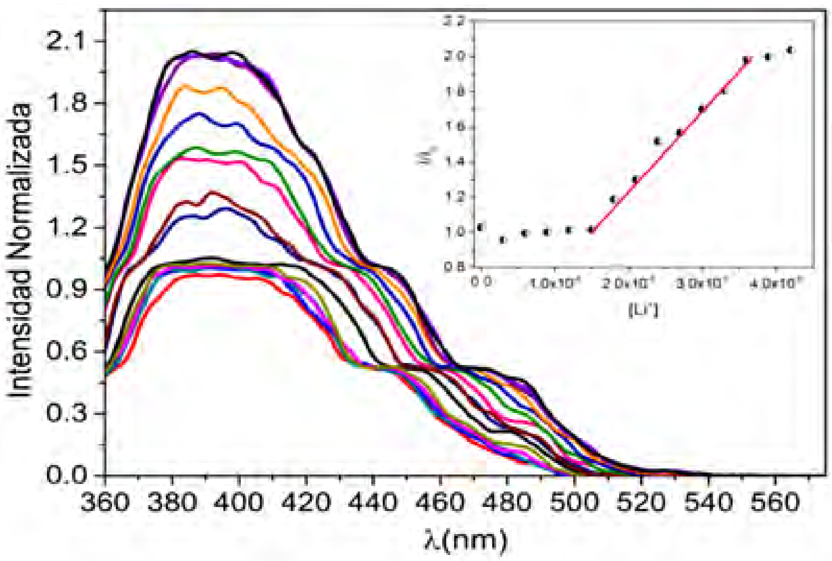


Figura 7. Espectros de emisión del ligante M1 a diferentes inyecciones de solución de Li^+, se utilizó una λ_{ex} de 355 nm. Inserto: Variación de la intensidad de emisión a 400 nm.

La figura 8 muestra los cambios obtenidos en la emisión del ligante M1 en presencia del ion Na^+. Los cambios observados no muestran un comportamiento lineal a medida que se fue aumentando la concentración

de NaCl, sin embargo la emisión aumentó hasta alcanzar el doble de la emisión inicial. En este sistema también se encontró una respuesta de dosímetro.

Al comparar los resultados de los estudios de coordinación de L1 y M1 con litio, se encontró que los límites de detección son menores en L1 y esto es debido a que se utiliza menor concentración del ligante, los resultados obtenidos indican que este sistema se puede utilizar para cuantificar la cantidad de litio presente en una muestra; sin embargo, la muestra M1 puede ser utilizada para la remoción de litio en aguas contaminadas con dicho metal.

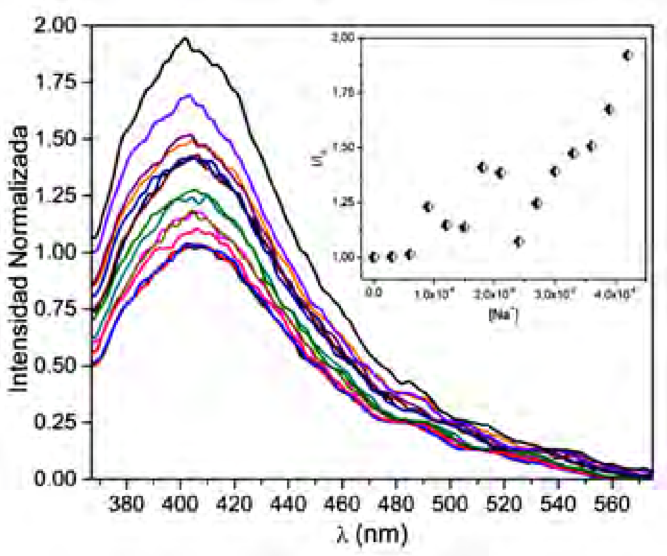


Figura 8. Espectros de emisión del ligante M1 a diferentes inyecciones de solución de Na^+, se utilizó una λ_{ex} de 355 nm. Inserto: Variación de la intensidad de emisión a 400 nm.

CONCLUSIONES

Se sintetizó un nuevo ligante fluorescente biscromofórico (L1) a partir de la reacción entre el bis[2-(2-cloroetoxi)etil]éter con la amina 1-naftalen-il-metilamina, se obtuvo con un rendimiento del 85%. La caracterización del ligante L1 mediante IR, RMN de ^{1}H y ^{13}C, además de espectrometría de masas, confirman la formación y pureza del producto.

La evaluación de la respuesta sensora del ligante L1 por espectroscopía de fluorescencia en solución MOPS a pH 7, provocó un aumento en la emisión tanto de excímero como de monómero de naftaleno. La intensificación de la banda de excímero indica que al ocurrir la formación del complejo, los anillos de naftaleno adquieren un arreglo cara a cara. Este ligante se puede utilizar para cuantificar Li^+ en aguas contaminadas.

Se obtuvo el ligante M1 por la técnica de SOFS utilizando como soporte la resina de Merrifield y se evaluó su capacidad como sensor fluorescente para los iones Li^+, y se encontró que el material presenta respuesta de dosímetro para Li^+, lo cual indica que se puede utilizar para removerlo en una muestra acuosa.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México (CONACYT), Proyecto 214524, Resinas Funcionalizadas para retener iones metálicos de aguas contaminadas.

BIBLIOGRAFÍA

[1] J. W. Steed, D. R. Turner, and K. Wallace, Core concepts in supramolecular chemistry and nanochemistry: John Wiley & sons, 2007.

[2] J. W. Steed, and J. L. Atwood, Supramolecular chemistry: John Wiley & sons, 2013.

[3] E. V. Basiuk, J. G. Lara, and V. A. Basiuk, "Química supramolecular de los compuestos obtenidos por la combinación entre los macrociclos poliaza y los ácidos aromáticos," Journal of the Mexican Chemical Society, vol. 44, no. 4, pp. 289-293, 2000.

[4] A. Antelo Queijo, Arquitecturas supramoleculares generadas por nuevos derivados de ciclodextrinas y ácidos biliares: Univ. Santiago de Compostela, 2008.

[5] J. S. Martínez, "Síntesis y evaluación de la capacidad complejante de ligandos nitrogenados derivados de bifenilos sustituidos," 2007.

[6] O. M. D. L. Salud, "Guía breve de métodos analíticos para determinar las concentraciones del plomo en la sangre," 2013.

[7] M. Velázquez, and D. Yolotzin, "Recuperación de litio a partir de pilas de desecho por métodos hidrometalúrgicos," 2012.

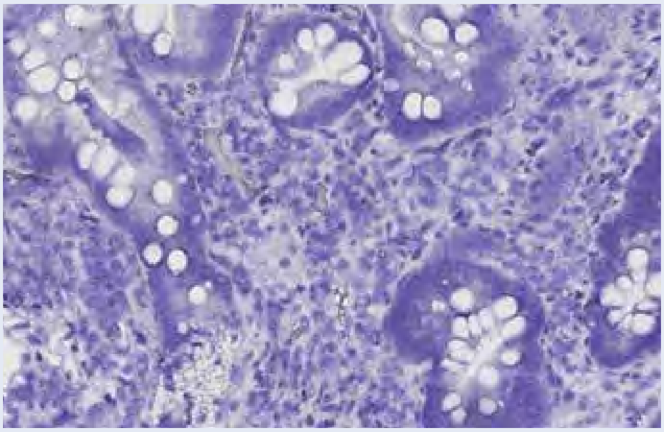
[8] J. Ströbele-Gregor, "El proyecto estatal del litio en Bolivia," Nueva Sociedad, vol. 244, 2013.

[9] J. Calé, and R. J. Lutfi, "El litio y su influencia en la función tiroidea," Revista Argentina de Endocrinología y Metabolismo, vol. 46, no. 3, pp. 37-42, 2009.

[10] I. Dai, I. Wigman, and K. Zhang, "Sensitive and direct determination of lithium by mixed-mode chromatography and charged aerosol detection," Journal of Chromatography a, vol. 1408, pp. 87-92, 2015.

[11] S. Misra, and P. N. Froelich, "Measurement of lithium isotope ratios by quadrupole-icp-ms: application to seawater and natural carbonates," Journal of Analytical Atomic Spectrometry, vol. 24, no. 11, pp. 1524-1533, 2009.

[12] G. R. C. Hamilton, S. K. Sahoo, S. Kamila, N. Singh, N. Kaur, B. W. Hyland, and J. F. Callan, "Optical probes for the detection of protons, and alkali and alkaline earth metal cations," Chemical Society Reviews, vol. 44, no. 13, pp. 4415-4432, 2015.



UN ESTUDIO SOBRE LAS ACTITUDES HACIA LA ESTADÍSTICA EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

A study on attitudes towards statistics in college student

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Alejandrina Bautista Jacobo [1]
Myriam Virginia Morales González [2]
Lucía Guadalupe Dórame Bueras [3]
Gloria Peralta Torua [4]

Recibido: 15 de marzo de 2016,
Aceptado: 26 de mayo de 2016

Autor de Correspondencia:
M. C. Alejandrina Bautista Jacobo
Correo: ale@mat.uson.mx

Resumen

El objetivo de este trabajo es reportar los resultados obtenidos al aplicar la Escala de Actitud hacia la Estadística (EAE) a una muestra no aleatoria de 392 estudiantes de diferentes carreras de la Universidad de Sonora en el semestre 2014-2 que cursaban la materia de estadística. Alrededor de un 60% manifiestan una actitud favorable o muy favorable hacia la estadística y solo un 4.3% desfavorable. No se encontraron diferencias significativas en el puntaje total de la escala de los estudiantes de esta muestra en función del sexo ni por división. Los resultados reportan una correlación positiva baja pero significativa ($r = 0.323$, $p < 0.05$) entre el puntaje de la actitud y la calificación en el curso.

Palabras clave: actitud, escala, enseñanza-aprendizaje.

Abstract

The aim of this paper is to report the results obtained by applying the Scale Attitude towards Statistics (SAS) to a non-random sample of 392 Students of different careers at the University of Sonora coursing the matter of statistics in the second semester of 2014-2. About 60% express a favorable or very favorable attitude towards statistics and only 4.3% unfavorable. No significant difference in the total scale score of students in this sample by gender or division found. The results reported a low but significant positive correlation ($r = 0.323$, $p < 0.05$) between the score of the attitude and qualification in the course.

Keywords: *attitude, scale, teaching and learning.*

Correo: ale@mat.uson.mx 1
Correo: mmorales@mat.uson.mx 2
Correo: ldorame@mat.uson.mx 3
Departamento de Matemáticas, Universidad de Sonora / Correo: gperalta@mat.uson.mx 4

INTRODUCCIÓN

La Estadística, como ciencia de los datos, ha sido reconocida en los últimos años como un componente básico de la formación ciudadana [1]. Su incorporación en la mayoría de los programas educativos, no solo a nivel licenciatura, confirman la importancia de aprender esta disciplina. Sin embargo, una de las preocupaciones tanto de profesores como alumnos es el bajo rendimiento que se observa en esta materia. Esta problemática ha sido explicada por varios investigadores desde diferentes dimensiones, como los conocimientos previos de los alumnos, la metodología de enseñanza, la motivación, etc. Para algunos educadores este problema es integral y puede también ser explicado con componentes del nivel afectivo, como la mala actitud del alumno hacia la estadística [2].

Los estudios sobre las actitudes que muestran los estudiantes hacia la estadística es un tema que ha despertado el interés por diferentes investigadores, sobre todo por cuantificar su relación empírica con el aprendizaje. Para Auzmendi [3], la actitud que tengan los estudiantes hacia la estadística puede influir considerablemente en el proceso de enseñanza y aprendizaje, dado que aquello que es congruente con nuestras propias actitudes se aprende mejor que aquello que no concuerda con éstas o que produce mayor desagrado [3]. Esta puede suponer un obstáculo o constituir una gran ventaja para su aprendizaje [4].

Estudios como Roberts y Saxe [5], Vanhoof et al. [6], Beins [7], Katz y Tomazic [8] o Evans [9] muestran la relación entre la actitud hacia la estadística y los resultados académicos o el futuro uso profesional de esta herramienta por parte de los alumnos. En España, estudios como el de Auzmendi [3], Sánchez-López [10] o Gil [11] han corroborado la existencia de correlación positiva entre las actitudes de los estudiantes y su rendimiento en esta materia.

En México también existen reportes, aunque no en gran cantidad, de estudios que evalúan la actitud de los estudiantes no solo hacia la estadística sino también hacia las matemáticas, estos último con más registros. En García et al. [12] investigaron la relación entre la actitud hacia la estadística en estudiantes de tres universidades: Universidad de Cristóbal Colón (UCC), la Universidad Politécnica de Aguascalientes (UPA) y la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP). El estudio llevaba como propósito únicamente buscar diferencias significativas del puntaje de actitud entre los estudiantes de las universidades antes mencionadas.

Otro estudio reportado por Colorado y Juárez [13] informan un primer avance de su trabajo sobre la actitud hacia la estadísticas en estudiantes de informática. Al respecto manifiestan que este tipo de estudios son de gran relevancia en la medida en que puede ser uno de los principales factores relacionados con la problemática en el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta materia.

Por otra parte, ¿cómo medir las actitudes? Esto dependerá de la interpretación que se tenga de este constructo. Algunos investigadores lo definen como la tendencia psicológica que se expresa a través de la evaluación favorable o desfavorable de una entidad en particular [14]. Es una moderada y estable predisposición evaluativa —positiva o negativa— que determina las intenciones personales e influye en el comportamiento [15]. En el caso de las actitudes hacia la estadística dichas predisposiciones se forma a lo largo del tiempo como consecuencia de las emociones y sentimientos experimentados en el contexto del aprendizaje de las matemáticas y la estadística [16].

Para Auzmendi [3], las actitudes son "aspectos no directamente observables sino inferidos, compuestos tanto por las creencias como por los sentimientos y las predisposiciones comportamentales hacia el objeto al que se dirigen" (por ejemplo la estadística). Opina que las actitudes hacia las matemáticas y la estadística surgen en edades muy tempranas y, si bien suelen ser favorables en un principio, tienden a evolucionar negativamente.

Las actitudes en las actualidad son consideradas como un concepto pluridimensional y jerárquico, compuesto por diferentes elementos o dimensiones analizables por separado [17, 11, 16]. Dichas concepciones han llevado a construir diversos instrumentos de medida para este constructo. Los más replicados han sido el SAS de Roberts y Bilderback [18], el ATS de Wise [19] y el SATS de Schau et al. [20]. Todos han sido validados en poblaciones de estudiantes con características socioeducativas muy diferentes. Es por ello que, Auzmendi, en 1992 desarrolla la primera escala para medir la actitud hacia la estadística (EAE) y las matemáticas en el idioma castellano. Es la escala más replicada y con mayor índice de confiabilidad y validada en poblaciones universitarias mexicanas.

Nuestra aportación en este trabajo es reportar los resultados que se obtuvieron al aplicar la escala EAE a una muestra no aleatoria de estudiantes que cursaban la materia de estadística y examinar las relaciones entre el puntaje obtenido en la escala con la calificación y género. En el contexto universitario, consideramos que resulta de mucha importancia para los educadores de esta materia conocer las actitudes que ellos manifiestan (la ansiedad o temor hacia la materia, la utilidad que le dan para su formación profesional, etc.), con el fin de replantear su quehacer docente, incorporando o diseñando acciones dentro y fuera del salón de clase que incidan directamente en dichas actitudes, motivando así una aprendizaje significativo de la estadística.

METODOLOGÍA

Se llevó a cabo un estudio transversal correlacional en una muestra de 392 estudiantes, seleccionados de manera no aleatoria de diferentes carreras de la Universidad de Sonora que cursaban en el momento de la aplicación de la encuesta la materia de estadística. El 46.7 % de los estudiantes son del sexo femenino (183) y un 53.3



% masculino (209), todos en un rango de edad de 18 a 31 años, con una edad media de 20.44. En cuanto a la distribución de las carreras, éstas se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Distribución de las carreras que participaron en el estudio.

Carrera	Frecuencias	Porcentaje
Nutrición	82	20.9
Derecho	20	5.1
Finanzas	20	5.1
Ing. Minero	46	11.7
Químico biólogo	14	3.6
Ing. Industrial	59	15.1
Ing. Civil	31	7.9
Biología	36	9.2
Ing. Químico	38	9.7
Ing. en Tec. Electrónica	15	3.8
Lic. en Administración	11	2.8
Contador Público	4	1.0
Economía	16	4.1
Total	**392**	**100**

Fuente: Elaboración propia

La aplicación del instrumento fue en la clase de estadística a dos semanas de terminar el semestre y tuvo una duración de aproximadamente 15 minutos. El profesor fue informado previamente y solicitado su autorización. A los estudiantes se les proporcionó una breve explicación del objetivo de la encuesta y se hizo énfasis de que ésta era de manera voluntaria.

Instrumento

Se utilizó la Escala de Actitud hacia la Estadística de Auzmendi (1992), la cual está formada por 25 ítems en formato Likert con cinco opciones de respuestas (1= Totalmente en desacuerdo hasta totalmente de acuerdo =5) que reporta una estructura factorial de 5 dimensiones: Utilidad que el estudiante le da al conocimiento de estadística; Ansiedad o temor que se manifiesta ante la materia; Confianza o seguridad que se tiene al enfrentarse a la estadística; Agrado o disfrute que provoca el trabajo estadístico y Motivación que siente el estudiante hacia el estudio y uso de la estadística. La escala fue validada por la autora en una muestra de 2052 estudiantes universitarios en dos momentos, al inicio y al final del curso de estadística. Para el análisis de la fiabilidad se utilizó el coeficiente de consistencia interna α de Cronbach para cada uno de los factores y para el total de la escala. Los valores obtenidos tanto al inicio (de 0.61 a 0.87), como al final (0.71 a 0.84) para cada uno de los factores, así como para el total de la escala (0.87 y 0.90), ponen de manifiesto, según la autora, que las diferentes subescalas que constituyen el instrumento de medida total, así como la prueba en su conjunto, poseen una consistencia interna elevada y que ésta explica el 60.7 % de la varianza total [3].

En nuestro estudio, a la escala de opinión se agregaron las variable sexo, edad, semestre y finalmente el nombre del estudiante. Esto con el objetivo de añadir posteriormente la calificación final en el curso de estadística.

Se hizo la aclaración que el maestro de estadística era ajeno al proyecto y que sus respuestas no iban afectar de ningún modo la calificación en su curso de estadística.

El puntaje máximo para la escala es de 125 puntos y una mínima de 25. La puntuación total en actitud para un estudiante es la suma de las puntuaciones de los 25 ítems y se toma como indicador global de la actitud. Como la escala presenta ítems positivos y negativos, se hace la aclaración que los ítems negativos se codifican de manera inversa, de manera que una puntuación entre más grande sea más favorable será la actitud hacia la estadística, de igual forma, una media alta indica siempre una actitud positiva.

Se reportan en este trabajo análisis descriptivos e inferenciales. Para evaluar las diferencias entre grupos se ha usado en algunos casos la prueba t de Student, ANOVA y pruebas no paramétricas cuando no se han cumplido los supuestos. Para la confiabilidad se utilizó el índice de consistencia interna Alpha de Cronbach y para la correlación el r de Pearson. Todas las pruebas se realizaron con el programa estadístico SPSS versión 22.0 y con un nivel de significancia de 0.05.

RESULTADOS

Como primer análisis se muestran los promedios para cada ítem (tabla 2). Los mejor valorados fueron el 23 y el ítem 7. El primero corresponde a la dimensión de confianza y su valor medio (4.34) lo ubica en la respuesta estar de acuerdo. El segundo hace referencia a la ansiedad o temor que manifiestan los estudiantes al enfrentarse a problemas de estadística. Su puntuación media es 4.01, pero como es un ítem negativo, su interpretación sería en forma contraria al enunciado, es decir, en realidad los estudiantes están de acuerdo de que la estadística no representa ningún temor para ellos.

Los ítems que presentaron puntuaciones más bajas (por debajo de 3) son el ítem 9 y 16, ambos con puntuación media que está en una actitud neutral. El primero (Me divierte hablar con otros de estadística) hacer referencia al agrado que provoca el trabajo estadístico (media = 2.66). El segundo corresponde al componente de motivación, su media es de 2.73.

Tabla 2. Medidas descriptivas correspondientes a cada ítem (media, desviación estándar considerándose para su cálculo la escala invertida para los ítems negativos).

Escala de actitud hacia la Estadística	$\bar{X}$	DE
1. Considero la Estadística como una materia muy necesaria en la carrera	3.93	1.024
2. La asignatura de Estadística se me da bastante bien	3.72	1.084
3. El estudiar o trabajar con la Estadística no me asusta en absoluto	3.78	1.09
4. El utilizar la Estadística es una diversión para mi	2.95	0.996
5. La Estadística es demasiado teórica como para hacer de utilidad práctica para el profesional	3.9	1.011
6. Quiero llegar a tener una conocimiento más profundo de la Estadística	3.43	1.024
7. La Estadística es una de las asignaturas que más temo	4.01	1.07
8. Tengo confianza en mi mismo/a cuando me enfrento a un problema de Estadística	3.56	1.039
9. Me divierte hablar con otros de Estadística	2.66	1.036
10. La Estadística puede ser útil para el que se dedique a la investigación pero no para el profesional	3.69	1.113
11. Saber utilizar la Estadística incrementaría mis posibilidades de trabajo	3.84	1.053
12. Cuando me enfrento a un problema de Estadística me siento incapaz de pensar con claridad	3.91	0.908
13. Estoy calmado/a y Tranquilo/a cuando me enfrento a un problema de Estadística	3.6	0.902
14. La Estadística es agradable y estimulante para mi	3.21	0.949
15. Espero tener que utilizar poco la Estadística en mi vida profesional	2.96	1.037
16. Para el desarrollo profesional de nuestra carrera considero que existen otras asiganturas más importantes que la Estadística	2.73	1.152
17. Trabajar con la Estadística hace que me sienta muy nerviosa	3.81	1.013
18. No me altero cuando tenga que trabajar en problemas de Estadística	3.54	1.018
19. Me gustaría tener una ocupación en la cual tuviera que utilizar la Estadística	2.93	1.014
20. Me provoca una gran satisfacción el llegar a resolver problemas de Estadística	3.64	1.02
21. Para el desarrollo profesional de mi carrera una de las asignaturas más importantes que ha de estudiarse es la Estadística	3.11	1.154
22. La Estadística hace que me sienta incomodo/a y nervioso/a	3.9	0.974
23. Si me lo propusiera creo que llegaría a dominar bien la Estadística	4.34	0.968
24. Si tuviera la oportunidad me inscribiría en más cursos de Estadística de los que son necesarios	3.09	1.066
25. Los conceptos que se imparten en las clases de Estadística son muy poco interesantes	3.85	0.937

Fuente: elaboración propia

Para valorar la actitud hacia la estadística en los estudiantes tomando en cuenta los valores promedios, se consideró la codificación hecha por Figueroa et al. [21] quienes consideran que si el valor promedio de la variable es:

De 1 a 1.8 se tiene una "Actitud totalmente desfavorable"
Mayor de 1.8 a 2.6, "Actitud desfavorable"
Mayor a 2.6 a 3.4, "Actitud ni favorable ni desfavorable"
Mayor a 3.4 a 4.2, "Actitud favorable"
Mayor a 4.2, "Actitud muy favorable

En la tabla 3 se muestra la distribución de la actitud hacia la estadística para toda la muestra considerando esta codificación. Se puede observar que alrededor de un 60 % (52.6 % y 7.7 %) de los estudiantes encuestados manifiestan una actitud favorable o muy favorable. Se reportan 17 alumnos (4.3 %) con una actitud desfavorable y 139 (35.5 %) con actitud neutral.

Tabla 3. Frecuencia de casos en toda la muestra de la Actitud hacia la Estadística.

Actitud	Frecuencia	Porcentaje
Actitud desfavorable	17	4.3
Actitud neutral	139	35.5
Actitud favorable	206	52.6
Actitud muy favorable	30	7.7
Total	392	100

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la actitud hacia la estadística agrupada por división (tabla 4), se presenta el mismo comportamiento que para toda la muestra. La mayoría muestra una actitud favorable o muy favorable, salvo en el área de Ciencias sociales, en la cual solo se encuestó a un grupo de la licenciatura en Derecho, se observa que un 40 % manifiestan una actitud neutral y un 15 % actitud desfavorable.

Tabla 4. Actitud hacia la estadística agrupada por División.

División	Actitud hacia la Estadística				
	Desfavorable	Neutral	Favorable	Muy favorable	Total
Ciencias de la Salud	8 (6.1 %)	48 (36.4 %)	71 (53.8 %)	5 (3.8 %)	132 100 %
Ingeniería	4 (2.1 %)	67 (35.4 %)	102 (54.0 %)	16 (8.5 %)	189 100 %
Económico-administrativo	2 (3.9 %)	16 (31.4 %)	26 (51.0 %)	7 (13.7 %)	51 100 %
Ciencias Sociales	3 (15.0 %)	8 40.0 %	7 (35.0 %)	2 (10.0 %)	20 100 %
Total	17 (4.3 %)	139 (35.5 %)	206 (52.6 %)	30 (7.7 %)	392 100 %

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5 se muestran algunas estadísticas descriptivas del puntaje medio de la escala en función del sexo.

Tabla 5. Estadísticas descriptivas del puntaje medio de la escala en función del sexo.

	Femenino	Masculino
Mínimo	1.88	1.84
Máximo	4.56	4.68
Media	3.51	3.54
Des. estándar	0.51	0.5
Simetría	-0.537	-0.198
Curtosis	0.351	0.056

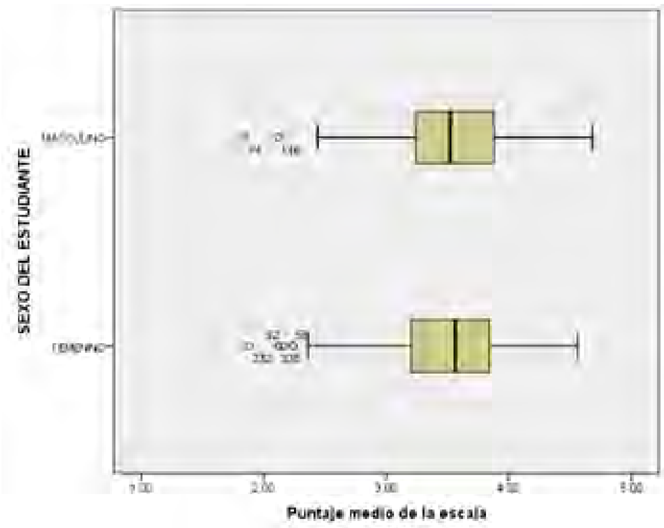


Figura 1. Diagrama de caja y bigote del puntaje medio de la EAE agrupada por sexo.

De la figura 1 se observa que se presentan datos atípicos hacia la izquierda en ambos grupos. El más alejado en el grupo de los hombres corresponde a la licenciatura en Derecho y en el de las mujeres a la Ingeniería en Minas.

Se llevó a cabo además, un contraste de medias para buscar diferencias significativas del puntaje de actitud entre género. Para ello se utilizó la prueba t de Student considerando varianzas homogéneas ($p = 0.975$, para la prueba de Levene). No se encontraron diferencias significativas ($p = 0.51$).

Para comparar el puntaje de actitud por división, se llevó a cabo un análisis no paramétrico utilizando la prueba de Kruskal-Wallis. Los resultados no encontraron diferencias significativas de la actitud por división ($p = 0.061$).

Análisis de los componentes de actitud en función del sexo

En la tabla 6 se muestran los puntajes medios obtenidos para cada uno de los componentes de la actitud comparado por sexo. Los resultados indican diferencias significativas en los componentes de utilidad, ansiedad y confianza en cada sexo. Las mujeres presentan una percepción de la utilidad más alta que los hombres, mientras que los niveles de ansiedad y confianza son más elevados en los hombres. No se encontraron diferencias significativas en el puntaje de agrado y motivación entre hombres y mujeres.

Tabla 6. Se presenta la media, desviación estándar y el p valor en función del sexo.

Componentes de la actitud	Femenino	Masculino	p
Utilidad	3.69 ± 0.71	3.51 ± 0.77	0.015*
Ansiedad	3.78 ± 0.83	3.95 ± 0.71	0.036*
Confianza	3.67 ± 0.63	3.85 ± 0.67	0.008*
Agrado	2.91 ± 0.73	3.02 ± 0.75	0.129
Motivación	3.48 ± 0.66	3.38 ± 0.62	0.106

Fuente: Elaboración propia. Prueba t para la diferencia de medias, el *$p < 0.05$.

Al llevar a cabo la comparación de los puntajes medios para cada división en cada uno de los factores de la actitud, se encontraron diferencias significativas en el componente de utilidad ($F= 5.046$, $p = 0.002$), ansiedad ($F = 5.971$, $p = 0.001$), confianza ($F = 5.003$, $p = 0.002$) y motivación ($F = 2.757$, $p = 0.042$). En cuanto a la utilidad de la estadística, los estudiantes de derecho presentan menor puntuación que los otros estudiantes. En lo que respecta a la ansiedad, se encontraron diferencias en los puntajes medios entre estudiantes de ingeniería con los de derecho ($p <0.05$). Igual para el componente de confianza, los de ingeniería reportan puntaje más alto que los de Ciencias de la Salud.

Correlación entre el puntaje medio de actitud hacia la estadística y la calificación en la materia

Para comprobar la correlación entre el puntaje de actitud y la calificación final en el curso de estadística se utilizó el coeficiente de correlación lineal r de Pearson. Se encontró una correlación positiva baja pero significativa entre ambas variables ($r = 0.323$, $p < 0.05$). Ver figura 2.

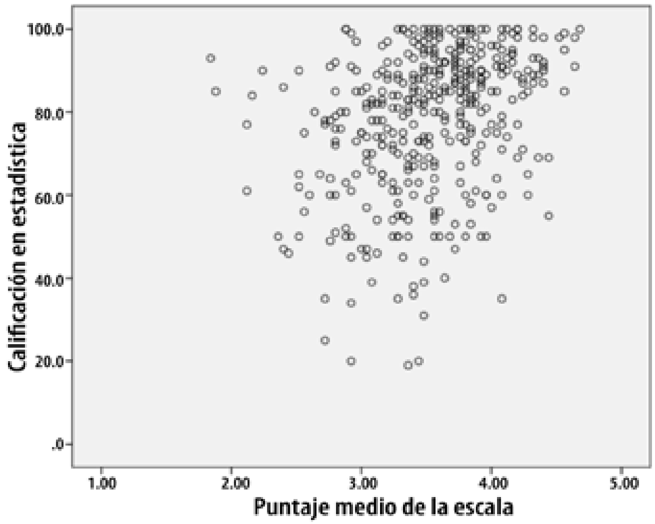


Figura 2. Relación entre la calificación en la materia de estadística y el puntaje medio de la EAE.

Confiabilidad del instrumento

La consistencia interna de la escala y para cada una de las dimensiones se realizó a través del Alfa de Cronbach, que según Nunnally y Bernstein [22] un valor de 0.70 se puede considerar como aceptable. En nuestro estudio se obtuvo un valor de 0.869 sin eliminar ningún ítem para toda la escala. En cuanto a las dimensiones se obtuvieron para la escala utilidad, ansiedad, confianza, agrado y motivación los valores de: 0.754, 0.824, 0.66, 0.781 y 0.57 respectivamente. Como se puede observar, se presentaron dos escalas con valores por debajo de lo aceptable.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos observamos que la actitud de los estudiantes en este estudio tiende a ser favorable o muy favorable. Nuestros resultados no coinciden con los reportados por Auzmendi [3] quien afirma que los alumnos muestran actitudes negativas, pero si con el de Tarazona et al. [2], quienes reportaron actitudes positivas en una muestra de 137 estudiantes de ingeniería al igual que Figueroa et al. [21] en una muestra de 77 alumnos.

Cuando se compara por división, los estudiantes de derecho marcan la diferencia presentando un 40% de actitud neutral y un 15 % desfavorable. Algo similar reporta Rodríguez [23] en estudiantes de Psicología y Ciencias de la Educación.

En cuanto a la confiabilidad de la escala para medir la actitud en la población de estudio, esta reporta un Alpha de Cronbach de 0.869, ligeramente menor a la reportada por la autora en una población española [3].

No se encontraron diferencias significativas en el puntaje total de la escala de los estudiantes de esta muestra en función del sexo ni por división. Sin embargo, al comparar el puntaje medio por división en cada uno de los componentes de la actitud se encontraron diferencias por sexo en los factores de utilidad, ansiedad y confianza. Los puntajes medios en cada uno de los componentes de la actitud, salvo el de agrado, indican que los estudiantes de este estudio al momento de la encuesta presentan una actitud favorable. No obstante, hay que resaltar que este estudio se aplicó a dos semanas antes de terminar el semestre y que los estudiantes ya habían sido expuestos a los contenidos estadísticos. Un estudiante a finales de semestre ya tiene la información de los contenidos y ha experimentado estrategias de solución para resolver problemas de esta disciplina, por lo tanto, es muy probable que muestre cierto grado de confianza positiva para volver a enfrentarlos. Además, la presión de exámenes y tareas finales obviamente ha disminuido al igual que su ansiedad o temor hacia la estadística.

Aunque se encontró una correlación positiva baja entre el puntaje total de la escala, ésta fue significativa.

Se puede concluir diciendo que este estudio nos permite tener una aproximación de la actitud hacia la estadística en los estudiantes universitarios, pero que también nos sugiere seguir investigando en esta línea con una metodología diferente. Por ejemplo, el aplicar el instrumento en dos momentos en el curso que puede ser al inicio y al final de éste, la aplicación de otros instrumentos de medida para la actitud o para detectar niveles de ansiedad hacia la estadística. Otro punto a investigar puede ser el analizar la estructura factorial de la escala en esta población y compararla con la teórica. El puntaje obtenido en el instrumento no solo se puede buscar su relación con el desempeño en la materia, sino también con el enfoque de la enseñanza del profesor o el uso de los recursos tecnológicos en la materia, entre otras cosas.

REFERENCIAS

[1] C. Batanero, "¿Hacia dónde va la educación estadística?" Blaix, 15, pp. 2-13, 2000. Recuperado de: http://www.ugr.es/~batanero/pages/ARTICULOS/BLAIX.pdf

[2] E. Tarazona, J.L. Bazán y A. Aparicio, "Actitudes hacia la Estadística en Universitarios Peruano de Mediana Edad". Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria, vol. 7, núm. 1, 2013.

[3] E. Auzmendi, "Las actitudes hacia la matemática-estadística en las enseñanzas medias y universitarias". Publicaciones Bilbao, Edición: Mensajero. 1992.

[4] R. Phillips, "Teacher attitude as related to student attitude and achievement in Elementary School Mathematics". School Science and Mathematics. Vol. 73, núm. 6, pp. 501-507, 1993.

[5] D. M. Robert y J.E. Saxe, "Validity of statistics attitude survey: a follow-up study. Educational and Psychological Measurement", vol. 42, pp. 907-912, 1982.

[6] S. Vanhoof, A. E, Castro, P. Onghena, L. Verschaffel, y W. Van Dooren, "Attitudes toward Statistics and their Relation With short- and long-term Exam Results". Journal of Statistics Education, 14, 2006.

[7] B. C. Beins, "Teaching the Relevance of Statistics trough Consumer-Oriented Research". Teaching of Psychology, 12, pp. 168-169, 1995. Recuperado de: http://top.sagepub.com/content/12/3/168.full.pdf+html?ijkey=KbVmk44x9XsnQ&keytype=ref&siteid=sptop

[8] B. M. Katz y T.Z. Tomazic, "Changing Student's Attitudes toward Statistics through a Nonquantitative Approach". Psichological Reports, 1988. Recuperado de: http://www.amsciepub.com/doi/abs/10.2466/pr0.1988.62.2.658

[9] B. Evans, "Student Attitudes, Conceptions and Achievement in Introductory Undergraduate College Statistics". The Mathematics Educator, 17(2), pp. 24-30, 2007. Recuperado de: http://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ841563.pdf

[10] C. R Sánchez-López, "Validación y Análisis Ipsativo de la Escala de Actitudes hacia la Estadística (EAE)". Análisis y Modificación de Conducta, 22(86), pp. 799-819, 1996.

[11] J. Gil Flores, "Actitudes hacia la estadística. Incidencia de las variables sexo formación previa". Revista Española de Pedagogía, 214, pp. 567-590, 1999.

[12] S. A. García, CH. Escalera, C. Rojas, y F. Pozos, "Empirical Study on Students and their Attitudes toward Statistics Course and Statistical Field". 2014. Recuperado de: http://pubs.sciepub.com/education/2/12/4

[13] J. L. Colorado y C. Juárez, "Actitud hacia la Estadística en Estudiantes de Estadística e Informática". En 2° Encuentro Iberoamericano de Biometría, 2009. Recuperado de: http://www.uv.mx/eib/documents/LibroResumenesMemoria.pdf

[14] J. Bazán, G. Espinosa, CH. Farro, "Rendimiento y Actitudes hacia la Matemática en el Sistema Escolar Peruano", 2001. Recuperado de: http://www.ime.usp.br/~jbazan/download/13c.pdf

[15] I. M. Gómez Chacón, "Matemática Emocional. Los afectos en el aprendizaje matemático". Educación Matemática, vol. 17, núm. 1, 2005.

[16] I. Gal y J. B. Garfield, "Monitoring Attitudes and Beliefs in Statistics Education". En: I. Gal y J.B. Garfield (Eds.). The Assessment in Statistics Education. IOS Press Voorburg.

[17] A. Estrada, "Evaluación de actitudes y conocimientos estadísticos elementales de profesores de educación primaria en formación". 2011, pp. 82-102. Recuperado de: http://web.udl.es/usuaris/z4084849/docs/ortiz2011.pdf

[18] D. Roberts y E. Bilderback, E. "Reliability and validity of statistics attitudes survey. Educational and Psychological Measurement". Vol. 40, pp. 235-238, 1980.

[19] S. Wise, "The development and validation of a scale measuring attitudes toward statistics". Educational and Psychological Measurement, 45, pp. 401-405, 1985. Recuperado de: http://epm.sagepub.com/content/45/2/401.abstract

[20] C. Schau, Stevens, T. L. Dauphinee y A. Del Vecchio, "The Development and validation of the Survey off Attitudes toward Statistics". Educational and Psychological Measurement, 55, pp. 868-875, 1995.

[21] S. M. Figueroa, M.A. Pérez, S. Bacelli, G, Prieto y E. Moler, "Actitudes hacia la estadística en estudiantes de Ingeniería. Interdisciplinaria. Vol. 29, 2012, núm. 2.

22] J. C. Nunnally y I. J. Bernstein, "Teoría psicométrica". Madrid: McGraw-Hill, 1995.

[23] N. Rodríguez, "Actitudes de los estudiantes universitarios hacia la estadística. 2011. Recuperado de: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-70272011000200002

EL USO DE MANIPULABLES PARA PROPICIAR LA COMPRENSIÓN DEL SIGNIFICADO DE ECUACIONES LINEALES EN LA ESCUELA SECUNDARIA

The use of manipulatives to facilitate understanding of the meaning of linear equations in high school

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Paola Tonanzy García Mendívil [1]
José Luis Díaz Gómez [2]
Jorge Ruperto Vargas Castro [3]

Recibido: 14 de marzo de 2016,
Aceptado: 30 de mayo de 2016

Autor de Correspondencia:
M. C. Paola Tonanzy García Mendívil
Correo: paola@mat.uson.mx

Resumen

En el presente artículo se muestra una propuesta de enseñanza donde se utiliza la balanza como un recurso didáctico para el aprendizaje de las ecuaciones lineales. El objetivo del estudio fue el de propiciar la comprensión del concepto de ecuación lineal con una incógnita y de ecuación lineal con dos variables con estudiantes de primer grado de secundaria, mediante el uso de manipulables. Este estudio considera como referente teórico el enfoque cognitivo basado en los registros de representación semiótica de Raymond Duval y las actividades diseñadas promueven la articulación de los registros de representación verbal, tabular, gráfico y algebraico. La metodología de trabajo fue el estudio de casos; por la naturaleza del trabajo los casos a estudiar fueron parejas de estudiantes. Con el uso de la balanza como instrumento de enlace se logró la conversión directa y recíproca entre los registros de representación algebraico y gráfico. Con base al análisis de resultados se encontró que la balanza constituyó un valioso recurso para lograr incidir positivamente en el aprendizaje de la noción de ecuación lineal con una incógnita y de dos variables.

Palabras clave: Ecuaciones lineales, balanza concreta, registros de representación semiótica.

Abstract

A proposal of teaching where the balance is used as an educational resource for learning the linear equations is shown in this article. The aim of the study was to promote understanding of the concept of linear equation with one unknown and linear equation with two variables with first grade students of secondary, using manipulatives. This study considers the cognitive approach based on the records of semiotic representation of Raymond Duval and the designed activities promote the articulation of the records of verbal, tabular, graphic and algebraic representation. The working methodology was the case study; by the nature of work cases studied were pairs of students. With the use of the balance as an instrument of link was achieved the direct conversion and reciprocal between the algebraic and graphical representation records. Based on the analysis results it found that the balance was a valuable resource to achieve a positive impact on learning of the notion of linear equation with one unknown and two variables.

Keywords: *Linear equations, concrete balance, semiotics representation records*

1 Departamento de Matemáticas, Universidad de Sonora / Correo: paola@mat.uson.mx
2 Departamento de Matemáticas, Universidad de Sonora / Correo: jdiaz@gauss.mat.uson.mx
3 Departamento de Matemáticas, Universidad de Sonora / Correo: rvargas@gauss.mat.uson.mx

INTRODUCCIÓN

En el campo de la Matemática Educativa los errores y dificultades aparecen permanentemente en las producciones de los estudiantes, el interés por conocer con profundidad el pensamiento de los estudiantes ha llevado a diversos investigadores a realizar numerosos estudios, entre los cuales podemos mencionar a Herscovics y Linchevski [1], Kieran y Filloy [2], Pérez [3], Rojano [4], Vlassis [5], entre otros y cuyos resultados ponen de manifiesto la problemática existente tanto en la enseñanza como en el aprendizaje de los contenidos matemáticos. El reconocimiento de esta problemática nos ha conducido a elaborar una propuesta de enseñanza, en donde se pretende propiciar el aprendizaje de ecuaciones lineales, mediante la utilización de un recurso didáctico, particularmente se hace uso de una balanza concreta.

Se considera que los manipulables proveen un carácter exploratorio propiciando la comunicación, discusión y reflexión de los estudiantes en la resolución de problemas [6]; crean un ambiente en donde se facilita la construcción del conocimiento sin mecanizaciones, haciendo énfasis en que las ecuaciones al igual que la balanza, tienen que conservar el equilibrio o la igualdad para encontrar la solución. Cabe señalar que esta propuesta está dirigida a estudiantes de la escuela secundaria, resaltando el papel activo que debe asumir el estudiante en la construcción de su aprendizaje. En la figura 1 se puede observar una de las balanzas concretas que se utilizaron para la realización de este trabajo



Figura 1. Balanza concreta.

Para la elaboración de esta propuesta se consideró pertinente utilizar algunos elementos de la Teoría de los Registros de Representación Semiótica, desarrollada por Raymond Duval [7]. Con esta teoría se busca fortalecer el aprendizaje de ecuaciones lineales a través de la interacción de los estudiantes con la balanza concreta. Las actividades didácticas están orientadas al manejo y la articulación de al menos dos registros de representación. Como lo cita Duval: “La comprensión (integradora) de un contenido conceptual reposa en la coordinación de al menos dos registros de representación, y esta coordinación se manifiesta por la rapidez y la espontaneidad de la actividad cognitiva de conversión” [7].

MARCO DE REFERENCIA

La educación básica en México, actualmente está integrada por los niveles de educación preescolar, primaria y secundaria. En México ha existido una serie de reformas en dicho niveles educativos a lo largo de los años, con el propósito de no quedar rezagado del movimiento de cambios curriculares que se están dando en el resto de las naciones, en donde se puede concebir a un individuo con un conocimiento flexible, con responsabilidad social y acorde con las decisiones que le toque asumir en el ámbito donde se desenvuelve. La última de las reformas es la Reforma Integral de la Educación Básica (RIEB, 2006), que viene a sustituir a la reforma curricular de 1993.

En correspondencia con las tendencias registradas a nivel mundial, el nuevo currículum de la educación básica en México se ha planteado bajo un enfoque de educación por competencias; con la intención de hacer más competente a los estudiantes no sólo en el conocimiento, sino en el desarrollo de sus habilidades, destrezas, actitudes, valores y creatividad, pues ya no es suficiente obtener sólo conocimientos, sino movilizarlos y así poder potenciar al máximo el aprendizaje a lo largo de toda su vida. Movilizar los conocimientos es aplicar lo aprendido, es decir, aplicar los conocimientos en el momento adecuado y en una situación específica. Que el estudiante no se conforme sólo con saber, sino que utilice todo lo que sabe y desarrolle competencias útiles que le permitan vivir mejor.

En el presente trabajo se revisaron los planes y programas de estudio 2011 de secundaria [8], indicados por la Secretaría de Educación Pública, en el marco de la Reforma Integral de Educación Básica (RIEB), con el fin de tomar las decisiones adecuadas para la construcción de nuestro diseño de actividades.

PROBLEMÁTICA

Iniciaremos señalando como lo menciona Esquinas [9] que: “a lo largo de la historia la diversidad de problemas con los que la humanidad se ha ido enfrentando han sido la causa de la evolución del álgebra. La duración de su desarrollo histórico es una prueba más de la complejidad y dificultad que esconde el álgebra”.

Por otro lado Segura [10] menciona que en la enseñanza tradicional, son numerosos los errores en que incurren los estudiantes. Por ejemplo, presentan dificultades para usar las operaciones aritméticas más elementales en problemas verbales que involucran ecuaciones; hasta cuando saben aplicar perfectamente los algoritmos de resolución, tales errores vuelven a surgir en la introducción a la escritura literal para valores numéricos y en los comienzos del álgebra, sobre todo en igualdades y desigualdades.

Las ecuaciones lineales y los sistemas de ecuaciones lineales se estudian en primero y segundo año de

secundaria en México. En primer año se espera que los estudiantes resuelvan problemas que impliquen el planteamiento y la resolución de ecuaciones de primer grado [9]. Las ecuaciones cuadráticas aparecen en tercer año, continúa en los años siguientes de enseñanza media y llegan hasta la enseñanza superior. Por eso es importante que el estudiante domine el tema de las ecuaciones lineales porque formarán parte imprescindible de otros contenidos matemáticos a lo largo de su formación académica.

La preocupación surge cuando constatamos el hecho de que muchos estudiantes de secundaria y bachillerato manifiestan serias deficiencias en torno a las ecuaciones lineales, y los artículos de investigación reportan serios problemas en el aprendizaje de este tópico [10]. También porque en nuestra experiencia docente hemos observado que un porcentaje significativo de estudiantes de nivel superior también experimentan dificultades para resolver ecuaciones lineales.

Por otro lado también se reporta que los estudiantes tienen problemas en la articulación entre registros de representación [13] [14]. De acuerdo con Duval [7], un estudiante que aprende el tema de ecuaciones tiene que tener claro que existen varias representaciones para un mismo objeto, para una misma ecuación. La aprehensión de un objeto matemático demanda entonces que éste sea identificado en sus diversas formas de representación. Además, para conocer, para entender el objeto, es necesario manipularlo, hacer manipulaciones de éste dentro de un sistema o registro de representación R. Por tanto, para enseñar las ecuaciones lineales es fundamental abordar el campo de los registros de representación.

JUSTIFICACIÓN

Investigar en el campo del Álgebra es importante ya que es una rama de la matemática que se aborda en la mayor parte de la formación académica, además existen investigaciones que han señalado las dificultades que tienen los estudiantes al tratar dichos temas. Particularmente en el concepto de ecuación se han llevado a cabo un gran número de estudios, entre los cuales se encuentran los siguientes:

Kieran y Filloy [2] mencionan la idea extendida entre los estudiantes que comienzan con el álgebra de que el signo igual es la "señal de hacer algo" antes que un símbolo de la equivalencia entre los lados izquierdo y derecho de una ecuación, se manifiesta por su renuencia inicial a aceptar proposiciones tales como $4+3 = 6+1$. El pensar que el lado derecho debería indicar el resultado - esto es, $4+3 = 7$ les permite dotar de significado a ecuaciones tales como $2x+3 = 7$, pero no a ecuaciones tales como $2x+3 = x+4$. El que los estudiantes conciban el signo igual como un mero separador entre la secuencia de operaciones y el resultado les lleva a violar las propiedades simétrica y transitiva de la igualdad.

Rojano [4] por su parte, hace referencia a un estudio con estudiantes de secundaria, en el que se utilizó un modelo virtual de la balanza para la enseñanza de la resolución de ecuaciones de primer grado. La autora señala que el modelo virtual es dinámico e interactivo y en su versión ampliada (balanza con poleas) incluye la representación y resolución de ecuaciones con sustracción de términos. El principal propósito del estudio consistió en investigar en qué medida, el trabajo con la versión dinámica de la balanza ayuda a estudiantes de entre 12 y 14 años de edad a abstraer las acciones realizadas en la balanza al nivel de la sintaxis algebraica asociada a la resolución de ecuaciones lineales. Además, investigó si los sujetos eran capaces de generalizar el método de "hacer lo mismo de ambos lados de la igualdad" a modalidades de ecuaciones cada vez más complejas, incluidas aquéllas que contenían sustracción de términos con coeficientes positivos.

Vlassis [5] realizó un estudio para resolver ecuaciones lineales con una incógnita en estudiantes de una comunidad de habla francesa de Bélgica en donde el uso del modelo de la balanza los ayudó a aprender el método formal de aplicar la misma operación a los dos miembros de la ecuación. Las situaciones de aprendizaje que fueron objeto del estudio empírico, involucraron a cuarenta estudiantes en dos clases de octavo grado. El objetivo era enseñar el método de solución formal, que implicó la realización de las mismas operaciones en ambos lados de la ecuación utilizando, en particular, el modelo de equilibrio.

Vergnaud también nos menciona que el álgebra exige más a menudo que se manipulen incógnitas, lo que es no intuitivo ya que los estudiantes rechazan razonar y operar sobre incógnitas o sobre números desconocidos. Este autor plantea que el equilibrio de la balanza permite dar sentido a la vez a las propiedades de simetría y transitividad de la relación de la igualdad y a las manipulaciones algebraicas que permiten resolver las ecuaciones con valores positivos.

La falta de modelos que aporten significado a los símbolos algebraicos, es uno de los impedimentos más serios que obstaculiza los procesos de enseñanza y aprendizaje en la resolución de ecuaciones lineales. El álgebra se reduce a la manipulación de símbolos de acuerdo con reglas establecidas. Es decir, el álgebra escolar, es hoy en día, rica en sintaxis, pero pobre en significados [12].

Nuestra propuesta considera que la inclusión de un modelo como la balanza, puede dotar de significado a los símbolos, facilitando los procesos de desarrollo de aprendizaje y resolución de las ecuaciones lineales.





Figura 2. Estudiantes trabajando con la balanza.

OBJETIVOS

El objetivo del trabajo es la de propiciar la comprensión del concepto de ecuación lineal con una incógnita y de ecuación lineal con dos variables en estudiantes de primer grado de secundaria, mediante el uso de manipulables, en este caso la balanza concreta.

Y mencionamos algunos de los objetivos específicos:

1. Propiciar la comprensión del concepto y significado de solución de ecuación lineal con una incógnita.

2. Propiciar la comprensión del concepto y significado de ecuación lineal con dos variables.

3. Comprender la diferencia entre incógnita y variable.

REFERENTE TEÓRICO

El referente teórico en el que se enmarca la elaboración de este trabajo es la Teoría de los Registros de Representación Semiótica desarrollada por Raymond Duval en 1998, en la que señala que cuando hacemos matemáticas siempre utilizamos algún tipo de representación, debido a que los objetos matemáticos no son directamente accesibles a la percepción o a través de una experiencia intuitiva inmediata; por lo tanto en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, es inevitable emplear diversas representaciones.

El enfoque teórico de Duval señala que para que un sistema semiótico pueda ser un registro de representación, debe permitir tres actividades cognitivas fundamentales:

1. La formación de una representación identificable dentro de un registro dado. Por ejemplo, el enunciado de una frase, la elaboración de un dibujo o esquema, de una gráfica, la escritura de una expresión algebraica, etcétera.

2. El tratamiento de una representación, que es la transformación de esta representación en el registro mismo donde ha sido formada. El tratamiento es una transformación interna de un registro. Por ejemplo, la transformación equivalente de una expresión algebraica.

3. La conversión de una representación que es la transformación en una representación dentro de otro registro conservando la totalidad o solamente una parte del contenido de la representación inicial. Por ejemplo, la transformación de una expresión algebraica en una gráfica, o viceversa [7].

Las actividades didácticas diseñadas bajo este marco teórico promueven la articulación de los registros de representación: verbal, tabular, gráfico y algebraico y también un tratamiento adecuado en cada registro de representación, haciendo uso como recurso didáctico la balanza concreta; buscando que sea posible que los estudiantes, puedan construir el significado del concepto matemático ecuación lineal.

METODOLOGÍA

Las balanzas son construcciones físicas elaboradas de placas de acrílico con un espesor de 5 milímetros. Las piezas son recortadas utilizando un plotter láser.

La versión elegida consiste en una balanza de platillos, articulada en forma de paralelogramo, con sus elementos laterales siempre verticales y los elementos horizontales diseñados de tal manera, que cuando en los platillos se tenga el mismo peso, éstos deberán estar a la misma altura.

Este tipo de balanza, ofrece la posibilidad de manipular los objetos directamente en la balanza, lo que lleva a los estudiantes a interactuar con los elementos presentes en el aparato. Cabe señalar que por el diseño del modelo de la balanza se limita sólo a soluciones positivas y únicas.

Las correspondencias entre los elementos de la ecuación y los de la balanza son las siguientes:

Una ecuación se representa mediante una balanza en equilibrio: en los platillos del lado izquierdo de la balanza se representa el primer miembro y en los platillos del lado derecho de la balanza se representa el segundo miembro.

Los términos independientes de una ecuación se representan mediante canicas depositadas en recipientes descubiertos, los términos independientes serán números enteros.

Los términos con incógnita se representan mediante recipientes cubiertos, que representarán las cantidades a descubrir (incógnita).

La propuesta se integró por un conjunto de diecisiete hojas de trabajo, en la figura 3 se puede observar la hoja de trabajo No. 14. Cada hoja de trabajo contiene una serie de indicaciones y preguntas que orientan a la actividad matemática del estudiante. Se puso a prueba dos de las actividades de la propuesta didáctica con seis estudiantes, con el propósito de detectar potenciales errores de redacción en el planteamiento de las preguntas, en la claridad de las indicaciones y en el tiempo estimado de aplicación de la propuesta, para tener oportunidad de modificarlas con anterioridad a su puesta en escena formal.

Considerando los resultados obtenidos en el pilotaje de las actividades didácticas, se realizaron ligeras modificaciones en la estructura de las hojas de trabajo, las cuales fueron incorporadas para la implementación definitiva de la propuesta. Después de realizar las modificaciones se realizó la implementación con estudiantes.

La metodología de trabajo utilizada fue el estudio de casos, por la naturaleza del trabajo los casos a estudiar fueron parejas de estudiantes de la escuela Secundaria General No. 4, Profesor Rubén Gutiérrez Carranza, de Hermosillo Sonora, inscritos en primer grado del turno vespertino, durante el período escolar 2014-2015. De entre más de diez parejas se eligieron cinco que concluyeron todas las actividades para realizar todos los análisis que se reportan y obtener las conclusiones.

Para la aplicación de las hojas de trabajo se destinaron cinco sesiones de trabajo de tres horas cada sesión, aproximadamente. Se realizaron videograbaciones durante la aplicación de la propuesta, de manera que se pudieran recuperar las intervenciones del profesor y las respuestas de los estudiantes. A partir de la información recabada en las hojas de trabajo y de las videograbaciones, se realizó el análisis del trabajo de los estudiantes, y a partir de ese análisis se obtuvieron algunas conclusiones de las que se hará mención más adelante.



Figura 3. Estudiantes interesados en el trabajo con la balanza.

Para ecuaciones lineales con una incógnita, se utilizó una balanza como la mostrada en la figura 1, y se trabajó con ecuaciones del tipo de:

$x = a$

$x + a = b$

$ax = b$

$ax + b = c$

$ax + b = cx + d$

Donde a, b y c son números enteros no negativos.

Hoja de trabajo No.14

Nombre: ____ **Fecha:**_______

En la ecuación y=2x +3

1. Si *x* es la etiqueta de dos de los recipientes colocados en el platillo B y el número 3 nos indica que en el platillo B hay un tercer recipiente que contiene una cantidad de 3 canicas ya conocidas y fijas.

a) ¿ qué representa y?

____

b) Si en los platillos etiquetados con *x* no hemos colocado canicas, ¿Cuántas canicas hay que colocar en el platillo A para lograr el equilibrio? ¿ Cuánto vale *y* en este caso?

____

____

____

____

c) ¿Cuál es el valor de *y* requerido para lograr el equilibrio cuando cada recipiente etiquetado con *x* contiene 1 canica?

____

____

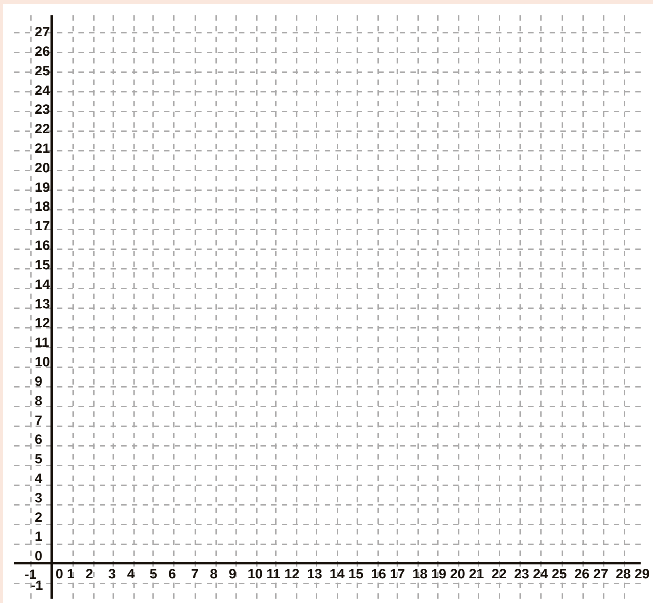
d) cada vez que agregas 1 canica a cada recipiente etiquetado con x, ¿Cuántas canicas tienes que añadir en el recipiente colocado en el platillo A para lograr el equilibrio?

____

2. Basándonos en lo que hemos experimentado hasta este momento, completa la siguiente tabla

x (cantidad de canicas colocadas en cada recipiente etiquetado con *x* en el platillo B)	*y* (cantidad de canicas colocadas en el platillo A para lograr el equilibrio)
	3
1	
2	7
3	
4	
	13
6	
7	
8	

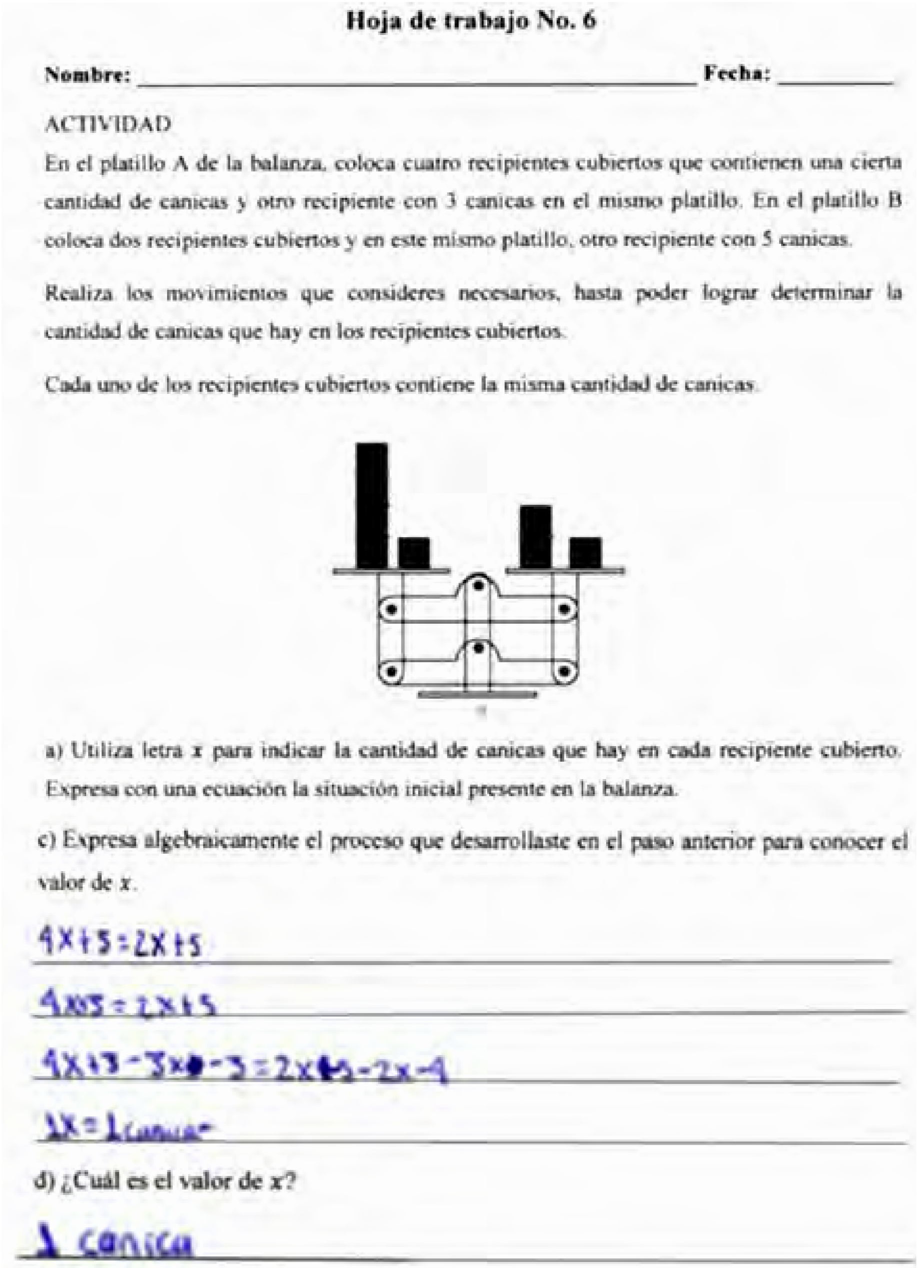
3. Grafica los puntos correspondientes a las parejas *(x,y)* de la tabla



4. Explica qué significa en la gráfica lo que respondiste en el inciso d.

Figura 3. Hoja de trabajo No. 14.

En la figura 4 se muestra un tipo de respuesta dada por un estudiante a la hoja de trabajo No. 6, en donde se puede apreciar el tratamiento que le da a la ecuación y que le permitió responder adecuadamente al final el valor de la incógnita.



Hoja de trabajo No. 6

Nombre: ______________________ **Fecha:** __________

ACTIVIDAD

En el platillo A de la balanza, coloca cuatro recipientes cubiertos que contienen una cierta cantidad de canicas y otro recipiente con 3 canicas en el mismo platillo. En el platillo B coloca dos recipientes cubiertos y en este mismo platillo, otro recipiente con 5 canicas.

Realiza los movimientos que consideres necesarios, hasta poder lograr determinar la cantidad de canicas que hay en los recipientes cubiertos.

Cada uno de los recipientes cubiertos contiene la misma cantidad de canicas.

a) Utiliza letra x para indicar la cantidad de canicas que hay en cada recipiente cubierto. Expresa con una ecuación la situación inicial presente en la balanza.

c) Expresa algebraicamente el proceso que desarrollaste en el paso anterior para conocer el valor de x.

4X+5=2X+5

4X+3=2X+5

4X+3-3X●-3=2X+5-2X-4

1X=1 canica

d) ¿Cuál es el valor de x?

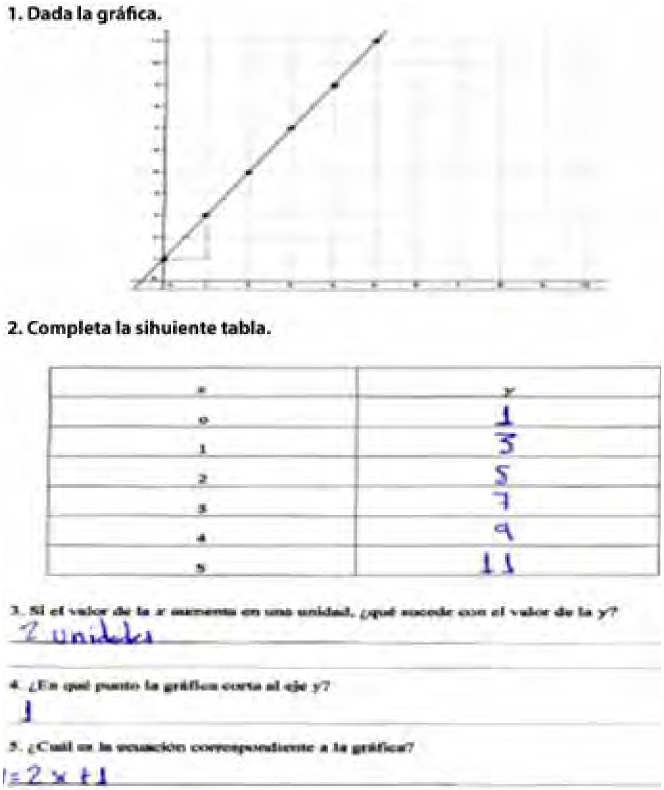
1 canica

Figura 4. Hoja de trabajo No. 6.

La actividad planteada en la hoja de trabajo No. 17 (Figura 5) muestra la representación geométrica de la ecuación lineal con dos variables, y que posteriormente los estudiantes lograron llevar a cabo la conversión de esta representación al registro de representación algebraico. Como se puede observar en las siguientes respuestas dadas en la figura 5, los estudiantes desarrollaron estrategias en donde efectuaron mentalmente cálculos que les permitió transitar del registro gráfico al registro algebraico, logrando determinar el tipo de ecuación que estaba representado en la gráfica.



Paola Tonanzy García Mendívil et al.: UNISON / EPISTEMUS 20 / Año 10/ 2016/ pág.: 55-61



1. Dada la gráfica.

2. Completa la sihuiente tabla.

x	y
0	1
1	3
2	5
3	7
4	9
5	11

3. Si el valor de la x aumenta en una unidad, ¿qué sucede con el valor de la y?

4. ¿En qué punto la gráfica corta al eje y?

1

5. ¿Cuál es la ecuación correspondiente a la gráfica?

y=2x+1

Figura 5. Hoja de trabajo No. 17.

CONCLUSIONES

Con base al análisis de resultados, se considera que la balanza constituyó un valioso recurso para lograr incidir positivamente en el aprendizaje de la noción de ecuación lineal con una incógnita y de dos variables. A lo largo de las secciones de actividades, con la ayuda de la balanza y reforzado al final con el uso del software GeoGebra, los estudiantes pudieron distinguir entre la literal en su uso como incógnita o como variable, aunque al principio, para el caso de la incógnita, algunos utilizaron en libertad otros signos para representarla, como el uso del signo de interrogación.

Se logró, con el uso de la balanza como instrumento de enlace, la conversión directa y recíproca entre los registros de representación algebraico y gráfico, logro que debe destacarse, ya que en la escuela se privilegia la conversión del registro algebraico al gráfico en forma abstracta, difícilmente asimilado por los estudiantes.

Trabajar con actividades escritas y con material concreto en donde los estudiantes realizaron acciones de exploración, reflexión y análisis, resultó novedosa y estimulante para ellos.

La secuencia de actividades didácticas contribuyó al desarrollo de competencias matemáticas en el marco de la Reforma Integral de Educación Básica, puesto que el estudiante desarrolló pensamiento matemático en la medida que tradujo desde el lenguaje natural al simbólico y formal; manejó expresiones que contenían símbolos; utilizó diferentes registros de representación; expresó, representó e interpretó información matemática contenida en una situación, -tradujo la realidad a una estructura matemática mediante un modelo matemático-.

BIBLIOGRAFÍA

[1] N. Hercovics y L. Linchevski, «A cognitive gap between arithmetic and algebra,» Educational Studies in Mathematics, pp. 59-78, 1994.
[2] C. Kieran y E. Filloy Y., «El aprendizaje del álgebra escolar desde una perspectiva psicológica,» Enseñanza de las ciencias, vol. 7, nº 3, pp. 229-240, 1989.
[3] E. Pérez, «El modelo interactivo doble balanza algebraica; un recurso para la exploración de la resolución de ecuaciones de primer grado,» AMIUTEM, 2012. [En línea]. Available: www.amiutem.edu.mx. [Último acceso: 15/06/2013].
[4] M. T. Rojano, «Modelación concreta en álgebra: balanza virtual, ecuaciones y sistemas matemáticos de signos,» Números, vol. 75, pp. 5-20, 2010.
[5] J. Vlassis, «The balance model: hindrance or support for the solving of linear equations with one unknown,» Educational Studies in Mathematics, vol. 49, pp. 341-359, 2002.
[6] G. Uicab, «Materiales tangibles. Su influencia en el proceso enseñanza y aprendizaje de las matemáticas,» Acta Latinoamericana de Matemática Educativa, vol. 22, pp. 1007-1013, 2009.
[7] R. Duval, «Registro de representación semiótica y funcionamiento cognitivo del pensamiento,» de Investigaciones en matemática educativa II, F. Hitt, Ed., México, Grupo Editorial Iberoamérica, 1998, pp. 173-201.
[8] «Plan de Estudios 2011,» Secretaría de Educación Pública, 2011. [En línea]. Available: http://www.curriculobasica.sep.gob.mx/. [Último acceso: 04 05 2013].
[9] A. M. Esquinas Sancho, «Dificultades de aprendizaje del lenguaje algebraico: del símbolo a la formalización algebraica: aplicación a la práctica docente.,» Madrid, 2009.
[10] S. M. Segura H., «Sistemas de ecuaciones lineales: una secuencia didáctica,» Relime, vol. 7, nº 1, pp. 49-78, 2004.
[11] S. d. E. Pública, Programas de Estudio 2011. Guía para el maestro, vol. Matemáticas, Secretaria de Educación Pública, 2011, p. 33.
[12] G. Arroyo Ch., «Dificultades en el aprendizaje de problemas que se modelan con ecuaciones lineales: El caso de estudiantes de octavo nivel de un colegio de Heredia,» Uniciencia, vol. 28, nº 2, pp. 15-44, 2014.
[13] J. X. Peralta García, «Dificultades para articular los registros gráfico, algebraico y tabular: el caso de la función lineal,» de XII Semana Regional de Investigación y Docencia en Matemáticas, Hermosillo, Sonora, México, 2002.
[14] E. E. Rechimont y M. E. Ascheri, «Registros de representación semiótica en el concepto "resolución numérica de ecuaciones polinómicas". Análisis a priori,» de Acta Latinoamericana De Matemática Educativa, 2004.
[15] R. Thom, «Modern mathematics: does it exist?,» de Developments in Mathematics Education, A. G. Howson, Ed., Cambridge University Press, 1973.
[16] A. Pérez T., A. Pérez H y H. Hernández, «Secuencia didáctica para facilitar la transición entre la aritmética y el álgebra,» Acta Latinoamericana de Matemática Educativa, vol. 26, pp. 863-871, 2013.
[17] M. Socas R., «Dificultades, obstáculos y errores en el aprendizaje de las matemáticas en la Educación Secundaria,» de La educación matemática en la enseñanza secundaria, L. Rico Romero, Ed., Editorial Horsori, 1977, pp. 125- 152.
[18] A. Rabino, P. Cuello y M. De Munn, «Aprehender álgebra utilizando contextos significativos,» Revista Premisa, vol. 6, nº 22, pp. 36-42, 2004.

DISPERSIÓN DE LUZ POR UNA NANOPARTÍCULA DE PLATA CON FORMA ESFEROIDAL PROLATA

Light scattering by a silver nanoparticle prolate spheroidal shape

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Alejandro Castellanos Jaramillo [1]
Arnulfo Castellanos Moreno [2]

Recibido: 15 de marzo de 2016,
Aceptado: 30 de mayo de 2016

Autor de Correspondencia:
Dr. Arnulfo Castellanos Moreno
Correo: acastell@correo.fisica.uson.mx

Resumen

Usando el método de diferencias finitas en el dominio del tiempo se estudia la incidencia y dispersión de radiación electromagnética de una nanopartícula de plata con forma esferoidal prolata. Se obtiene la distribución de frecuencias del vector de Poynting dispersado en el régimen casi estacionario y se estudia el estado de radiación de la nanopartícula cuando el pulso de luz ha dejado de perturbarla. Los resultados son de interés didáctico.

Palabras clave: dispersión de luz, nanoóptica, nanopartículas, plasmones de superficie.

Abstract

Using the Finite Difference in the Time Domain method it is possible to study the incidence and dispersion of electromagnetic radiation of a nanoparticle of spheroidal shape. One can obtain the frequency distribution of the Poynting vector dispersed in the quasi-stationary regime, and can study the radiation state of the particle when the light pulse has stopped perturbing it. The results are of didactic interest.

Keywords: *light scattering; nano-optics; nanoparticles; surface plasmones.*

Est. Doctorado en Nanotecnología, Departamento de Física, Universidad de Sonora / Correo: alejandrocastellanosjaramillo@gmail.com 1
Departamento de Física, Universidad de Sonora / Correo: acastell@correo.fisica.uson.mx 2

INTRODUCCIÓN

En este trabajo abordamos un sistema físico que consiste en un pulso de luz que incide sobre una nanopartícula de plata de forma esferoidal prolata, la excita y la deja radiando energía. Reportamos los resultados de la solución numérica de las ecuaciones de Maxwell por medio del método de diferencias finitas en el dominio del tiempo (FDTD por sus siglas en inglés). Mostramos cómo absorbe energía y dónde se coloca su máximo de absorción para sendos valores específicos de su eje mayor y menor. Enseguida se hace un análisis de la actividad electromagnética en el entorno cercano y dentro de la nanopartícula. Los resultados son de utilidad didáctica.

En esencia, el problema que abordamos es un fenómeno de dispersión de ondas electromagnéticas por parte de una nanopartícula. La presencia de las nanoestructuras está presente en la civilización humana al menos desde la época de los romanos, por ejemplo, en las copas de vidrio conocido como *lycurgus*, que presentan tonalidades de colores que provienen de la presencia de nanopartículas de plata que dispersan la luz [1], dando las tonalidades bellas que pueden ser admiradas en el Museo Británico *(British Museum)*.

La dispersión de luz por nanopartículas genera una gama muy amplia de expectativas en la tecnología actual [2]. Entre sus aplicaciones se mencionan desde terapias novedosas en la física médica, hasta usos diversos en la optoelectrónica, incluyendo nanoantenas y puertas lógicas, de modo tal que se espera el diseño y próxima producción de dispositivos que utilizarían ondas electromagnéticas para transportar señales dentro de chips en lugar de mover electrones, los cuales presentan la bien conocida disipación de energía. Recientemente ha sido posible transferir energía a partir de alambres cuánticos hacia un tipo de enzimas oxidativas que producen luminiscencia, siendo este un logro que es considerado sumamente eficiente [3]. También se ha logrado combinar puntos cuánticos con moléculas orgánicas para mejorar la captura de energía solar [4]. En consecuencia con lo anterior, uno de los objetivos más recientes ha sido la producción de nanopartículas de distintos materiales y tamaños que son elaborados con diversas técnicas.

La ciencia necesaria para comprender estos fenómenos también debe ser novedosa, pues las dimensiones de estas nanoestructuras es tal que los efectos de superficie toman relevancia y compiten con los del volumen. Esto se debe a que las nanopartículas metálicas, sobre las cuales incide luz, presentan varias frecuencias características que deben ser consideradas: 1) la frecuencia de la onda electromagnética, n; 2) la frecuencia de colisión de los electrones con los fonones y de los electrones entre si, (n_{ef} y n_{ee}), 3) la frecuencia de vibración media, n_s, debido al choque de los electrones con la superficie de la nanopartícula. Dicha frecuencia n_s toma importancia cuando la trayectoria libre media de los electrones de conducción del metal es mayor que las dimensiones de la nanoestructura [5]. En este caso, la forma de la nanopartícula resulta importante, dando lugar a que sea necesario revisar los conceptos fundamentales de la física estadística, que usualmente son desarrollados sobre la base de que las propiedades termodinámicas son independientes de la forma del sistema físico bajo estudio [6].

La nueva literatura ha llevado a que revistas dirigidas a profesores y a estudiantes no graduados traten de listar fuentes de información, a elaborar glosarios y diseñar videos con los que buscan facilitar la comprensión de estas temáticas por parte de las generaciones en proceso de formación científica [7]-[9]. Más aún, hay autores que han intentado exponer la historia del posible camino conceptual que lleva hacia la nanotecnología [10]. Así se ha generado un lenguaje nuevo también, pero su uso cotidiano no implica que es bien entendido por los estudiantes. Por lo tanto, otro de los objetivos de este trabajo es abordar la discusión de algunos de estos vocablos, prestando atención al concepto de plasmón y haciendo lo posible por contribuir a su aclaración ante los ojos de quienes se acercan por primera vez a la temática de la nanociencia y la nanotecnología.

El orden del artículo es el siguiente: en la segunda sección presentamos la teoría de diferencias finitas en el dominio del tiempo, el cubo donde se realiza el cálculo numérico, la forma de la celda de Yee y la del pulso electromagnético que se utiliza. En la tercera sección se abordan algunos aspectos relevantes: el concepto de plasmón y el modelo de Drude para los electrones de conducción de un metal. En la cuarta sección se presentan los resultados y la discusión de los mismos. Finalmente, se dedica la quinta sección a presentar las conclusiones de este trabajo.



TEORÍA

Consideramos un cubo de 320 nm de arista que tiene en su centro una nanopartícula metálica de forma esferoidal prolata. En lo sucesivo éste será llamado: el espacio. Sobre éste se procesa el avance de un pulso electromagnético cuya propagación se calcula resolviendo numéricamente las ecuaciones de Maxwell. En el centro del cubo se encuentra una nanopartícula de forma esferoidal prolata. El pulso surge desde la cara definida por $k = 0$, para toda $i,j=,2,...,320$ y avanza hacia k creciente.

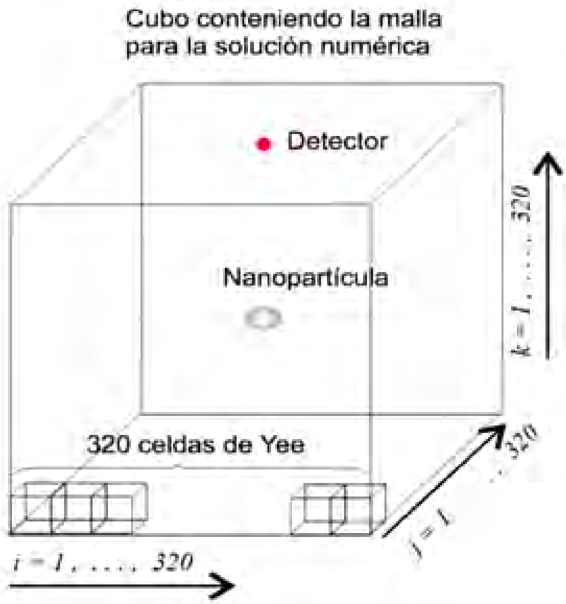


Figura 1. El espacio para la solución numérica es un cubo de arista 320 nm.

Se utiliza la técnica de diferencias finitas en el dominio del tiempo (FDTD por sus siglas en inglés) para obtener la solución aproximada de las ecuaciones de Maxwell. La celda de Yee es el instrumento geométrico fundamental para esta clase de soluciones numéricas [11]. En nuestro caso se trata de un cubo de 1 nm de arista, de modo que se necesitan 3.2768X10^7 de ellas para realizar el cálculo.

Las ecuaciones de Maxwell que se discretizan son la ley de Faraday y la de Ampere Maxwell [12]:

$$\nabla\times\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \qquad (1)$$

$$\nabla\times\vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t} \qquad (2)$$

Son las que contienen la naturaleza dinámica del campo electromagnético. Estas dos ecuaciones son discretizadas en un arreglo de puntos en un cubo que, como hemos mencionado, recibe el nombre de celda de Yee. La representación usual de ésta se muestra en la figura 2.

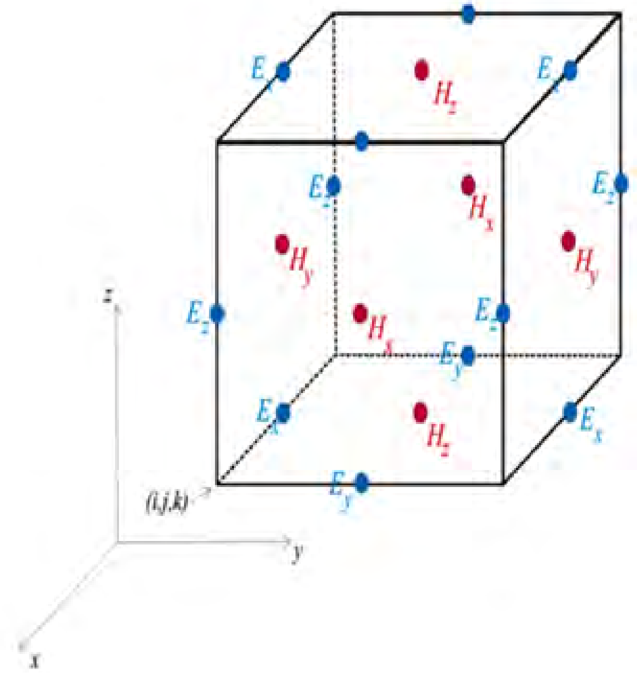


Figura 2. Celda de Yee. Un nanómetro de arista.

Agregamos la discretización de una de las componentes de la ecuación (2) como ejemplo, el resto son similares y pueden ser consultadas en la literatura [13]:

$$\begin{aligned} D_x^n\left(i+\frac{1}{2},j,k\right) &= D_x^{n-1}\left(i+\frac{1}{2},j,k\right) \\ &+\frac{\Delta t}{\Delta y}\left[H_z^{n-\frac{1}{2}}\left(i+\frac{i}{2},j+\frac{1}{2},k\right)-H_z^{n-\frac{1}{2}}\left(i+\frac{i}{2},j-\frac{1}{2},k\right)\right] \\ &-\frac{\Delta t}{\Delta z}\left[H_y^{n-\frac{1}{2}}\left(i+\frac{i}{2},j,k+\frac{1}{2}\right)-H_y^{n-\frac{1}{2}}\left(i+\frac{i}{2},j,k-\frac{1}{2}\right)\right] \\ &-\Delta J_x^{n-\frac{1}{2}}\left(i+\frac{1}{2},j,k\right) \end{aligned} \qquad (3)$$

donde i numera los puntos del espacio en la dirección x, j y k lo hace en la dirección y y en la dirección z respectivamente. Todos los índices corren desde 0 hasta 320. El supra índice n numera la discretización en el tiempo.

La estructura de estas ecuaciones discretas es tal que, en la celda de Yee, las componentes del campo magnético $\{H_y,H_z\}$ y la densidad de corriente eléctrica, J_x, ayudan al campo eléctrico E_x, a actualizarse. Así mismo, el campo eléctrico ayudará al magnético en su proceso de actualización.

El término de la densidad de corriente eléctrica, J, contiene la información sobre el material y se actualiza a la vez que los valores de los campos. La base teórica para este trabajo es el modelo de Drude, que explicaremos más adelante. A partir de éste se obtiene la función dieléctrica que presentamos en la ecuación (4), y de esta última, se llega a la ecuación (5), que una vez discretizada, se utiliza para actualizar J.

$$\epsilon_\gamma = \epsilon_\infty - \frac{\omega_p^2}{\omega^2 + i\gamma\omega} \qquad (4)$$

$$\frac{\partial \vec{J}}{\partial t} = -\gamma\vec{J} + \epsilon_0\omega_p^2\vec{E} \qquad (5)$$

La discretización de la ecuación (5) es elemental. La forma del pulso que generamos es:

$$E = E_0 Sen^2\left(\frac{\pi t}{\tau}\right) cos(\omega t) \quad (6)$$

donde $E_0 = 1$ *Volt/m*, w = 4.7091×10^{1}□ y la duración del pulso es t = 0.36×10^{-15}s. La transformada de Fourier de la expresión (6) es la función que sigue:

$$G(\omega) = \frac{2\pi Sen(\omega t)}{\omega(4\pi^2 - \omega^2\tau^2)} \qquad (7)$$

y la gráfica de ambas se observa en la figura 3.

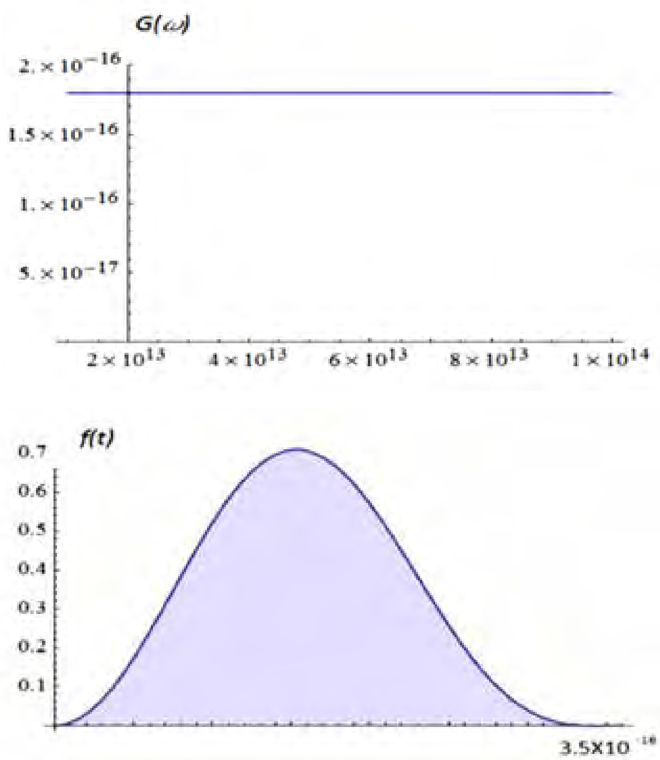


Figura 3. Pulso en el tiempo (izquierda). Transformada de Fourier (derecha).

La virtud de este pulso es que en las frecuencias de interés (radiación infrarroja y visible), tiene una pendiente que es del orden de 10^{-34}. Es decir, desciende extremadamente lento. Para los fines prácticos de este trabajo, lo anterior da por consecuencia que la naturaleza del pulso sea equivalente al de luz blanca, en el sentido de que todas las frecuencias (colores) tienen casi el mismo peso.

ALGUNOS CONCEPTOS RELEVANTES

Para simular la propagación de luz dentro de la nanopartícula metálica usaremos el modelo de Drude. Éste se basa en la segunda ley de Newton y su utilidad se debe a que las transiciones de electrones entre dos niveles de un átomo presentan algunas propiedades físicas que son similares a las que resultan del tratamiento matemático de la resonancia de un oscilador armónico amortiguado que está bajo la influencia de un campo electromagnético periódico [12]. Si pensamos únicamente en la más probable de todas las transiciones, estaremos tratando con la más intensa de las líneas de emisión (o absorción) de un sistema atómico que interactúa con un fotón de frecuencia w_0. Clásicamente esto se ha formalizado mediante la ecuación de movimiento de un oscilador armónico de frecuencia w_0, con una constante de amortiguamiento g y bajo la acción de un campo de la forma *E_0 cos(w_0t)*. La ecuación que describe al sistema es la siguiente:

$$\frac{d^2\vec{x}(t)}{dt^2} + \gamma\frac{d\vec{x}(t)}{dt} = \frac{e}{m}\vec{E}(t) \qquad (8)$$

El valor de *g* se ajusta mediante experimentos y la consecuencia es que se logra describir algunas de las propiedades ópticas de un metal. Cuando el material tiene más de un par de niveles de energía interviniendo en forma relevante para el experimento, se agregan ad *hoc* otros valores de *g*. La descripción precisa se obtiene mediante la teoría cuántica, como parte del estudio del efecto Stark, que trata de la influencia de campos eléctricos externos sobre sistemas atómicos [14].

En la sección de resultados veremos que la nanopartícula de plata que recibe la onda electromagnética responde formando plasmones en su superficie. Estos son excitaciones colectivas que involucran fluctuaciones en la densidad de carga de un material, de tal modo que sus frecuencias dependen de las propiedades del mismo, y también, de las propiedades geométricas de la nanopartícula, como su tamaño y su forma. Se trata de un acoplamiento con el campo incidente.

Los plasmones son detectados porque la dispersión y la absorción de luz ocurren de manera más intensa en rangos de frecuencia muy específicos. En el caso del trabajo que reportamos. Se calculó el campo dentro y fuera de la nanopartícula y se graficó su intensidad para tiempo algorítmico igual a 10^3, es decir, justo después de que el pulso enviado abandonó la nanoestructura. Además, se dejó correr el algoritmo de solución numérica hasta que el tiempo alcanzó el valor 10^5, enseguida se calculó el vector de Poynting [6] en el punto indicado como: detector, en la figura y se obtuvo un registro temporal de los valores del campo electromagnético. Enseguida se llevó a cabo una transformada de Fourier y se graficó el resultado. Las figuras se muestran más adelante.

RESULTADOS

La presentación de resultados de este trabajo resulta más cómoda si se utiliza como unidad de tiempo al lapso que transcurre mientras la luz recorre 0.5 nm. Se llamará tiempo algorítmico (TA) y resulta de dividir 0.5X10^{-9} m entre la rapidez de la luz en el vacío. El cociente es 1.66782X10^{-18} s.

Usando cinemática elemental se puede calcular el tiempo que tarda el pulso luminoso en llegar a la pared de la nanopartícula que se encuentra más cerca de la pared emisora. Son 270 unidades de TA. Debido a que el material de la nanopartícula distorsiona y retarda el pulso incidente, no es sencillo calcular con precisión el instante en que el pulso abandona la nanopartícula, pero una estimación cinemática lleva a que eso ocurre cuando han transcurrido aproximadamente 470 unidades de TA. En consecuencia, un archivo con el valor de los campos en el tiempo *t* = 1000 unidades de TA, garantiza que estamos registrando las propiedades de una nanopartícula exitada y que el pulso ya no está presente.

Por la razón anterior, el programa de cómputo guardó en archivo los valores del campo electromagnético en 1000 unidades de TA y a partir de esta información fue seleccionado el plano definido por *k* = 161, que corta en dos el espacio. Se calculó la magnitud del campo electromagnético y se graficó. El resultado es la figura 5a, que será estudiada más adelante.

La segunda acción fue dejar correr la simulación hasta 10^5 unidades de TA, para guardar en un archivo la magnitud del vector de Poynting en el punto D que se indica en la figura 1. En este caso el proceso es cuasiperiódico y se justifica la realización de un análisis de Fourier. La señal recibida en el tiempo fue sujeta a una transformada de Fourier y se encontró que una nanopartícula de plata de las dimensiones dadas presenta un pico de dispersión que se muestra en la figura 4.

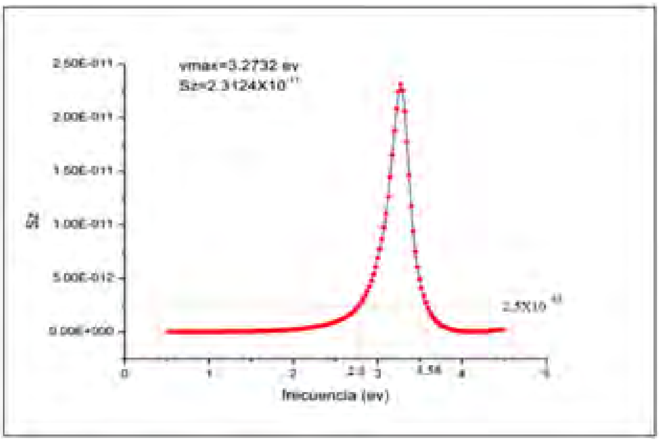


Figura 4. Contribuciones de las frecuencias al vector de Poynting.

La altura del pico de la figura 4 está en 2.3124X10^{-11} Watts/m^2. Es una curva de dispersión con un máximo en l=378.77 nm y disminuye hasta casi el 10% de su valor (lado izquierdo de la curva) en l=442 nm. A su vez, a la derecha del pico decrece a la misma intensidad en 346 nm. La nanopartícula selecciona las frecuencias de esta manera.

La curva de dispersión se encuentra en la región de la radiación ultravioleta cercana y solamente el lado izquierdo de la misma se ubica en el rango del color azul. Es lo que llaman una manifestación de la presencia del plasmón.

Este resultado nos permite estudiar la imagen de la figura 5a. La actividad que se encuentra en ésta se debe a la penetración de la luz ultravioleta y azul en los rangos de frecuencia mencionados y son las involucradas en la actividad de los electrones en la superficie de la nanopartícula. Debe notarse que las celdas de actividad se encuentran principalmente en la superficie.

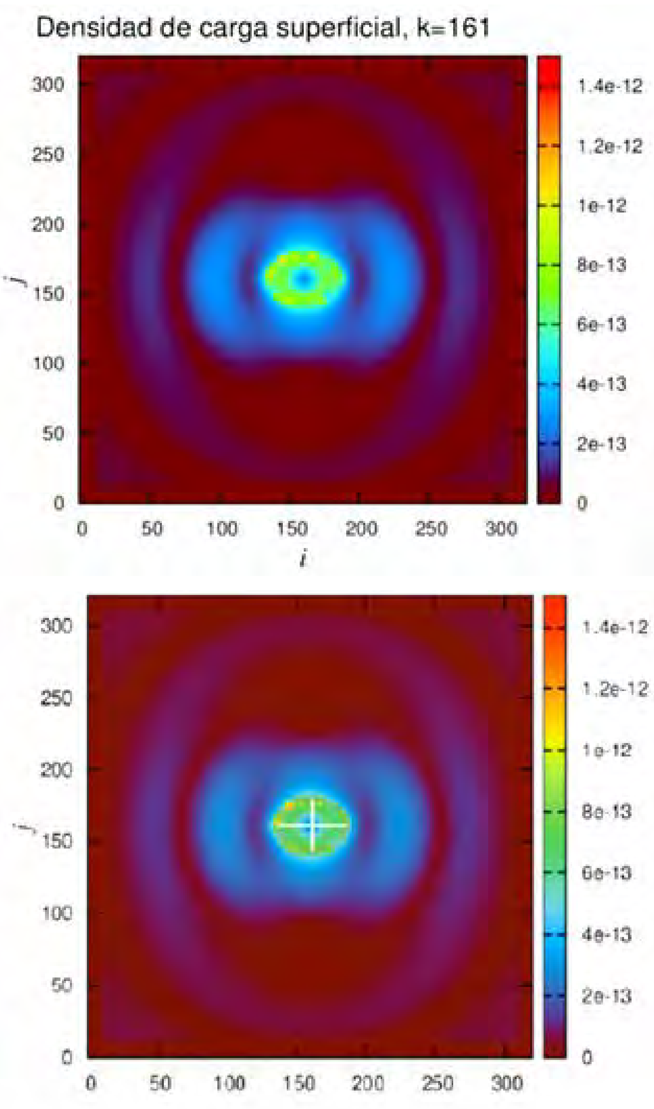


Figura 5a. (Izquierda). Magnitud del campo electromagnético en el plano *k* = 161, *t* = 1000 TA; 5b (Derecha). Muestra la figura 5a con medidas de la nanopartícula agregada.

Cuando el pulso electromagnético incide sobre una nanopartícula esferoidal prolata, se genera en ésta un movimiento de electrones que forman las corrientes de remolino que han sido analizadas por Tomchuk y Grigorchuk [15], quienes lo atribuyen a un mecanismo en el que interviene la ley de Faraday. Consiste en que el campo magnético de la onda electromagnética genera en torno suyo un campo eléctrico. A su vez este último arrastra corrientes locales de electrones, como se puede ver en las figuras 5a y 5b. En ésta se encuentran celdas de actividad que asociamos con el estudio teórico mencionado.

Las medidas de la nanopartícula de plata son: un eje mayor de 50 nm y un eje menor 35.7 nm. La escala de la figura obtenida permite extraer un segmento de recta de 50 nm y establecer proporciones con rectas trazadas sobre la imagen de la nanopartícula.

Considerando lo anterior, modificamos la figura 5a para confeccionar la figura 5b. En esta última se introducen los siguientes cambios: 1) superponemos una elipse que marca el contorno de la partícula esferoidal prolata; 2) se agregan los ejes mayor y menor; y 3) se introduce una línea inclinada desde la superficie de la nanopartícula hasta la región donde pierde actividad el campo electromagnético.

De este modo es posible obtener varias dimensiones: el tamaño aproximado de la región central que registra menor actividad (color azul más intenso) y la extensión de la celda de actividad que se aprecia arriba a la izquierda (color amarillo y naranja). Los datos encontrados son los siguientes: a) la celda de mayor actividad (arriba a la izquierda) es de aproximadamente 4 nm; b) la penetración en la región de la celda de mayor actividad es de 9.5 nm; y c) el centro de menor actividad, en el centro de la nanopartícula, mide aproximadamente 19 nm.

La figura 5a permite apreciar que la actividad ocurre esencialmente en la superficie, más una región exterior en donde el campo electromagnético es muy intenso. Interpretamos que se trata del fenómeno de plasmones de superficie; entendido éste en el sentido de que son regiones donde se presenta el acoplamiento del campo con la vibración de los electrones del material. Existe además una onda evanescente que de acuerdo a la descripción clásica sigue un decaimiento exponencial de su amplitud. Es la respuesta típica de los metales a los campos electromagnéticos incidentes. Éstos penetran una distancia media δ que está dada por la siguiente expresión [12]:

$$\delta = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}} \qquad (9)$$

Se le llama efecto pelicular *(skin depth)* y consiste en que si E_0 es la amplitud de la onda, se reduce aproximadamente al 36.79% de ese valor en cuanto penetra la distancia media δ. En la expresión anterior, *r* es la resistividad del material, *c* es la velocidad de la luz en el vacío, m es la permitividad del material y w es la frecuencia de la onda electromagnética. Si denotamos como l a la longitud de onda de la radiación y tomamos en cuenta que ésta es inversamente proporcional a ω, de la ecuación (9) resulta que la penetración δ crece proporcional a la raíz cuadrada de l. Por ejemplo, para el caso de la resistividad de la plata, la región de la radiación ultravioleta cercana, y la región del color azul, se obtiene que toma valores entre 2.35 y 2.40 nm. Esto se debe a que la luz ultravioleta y azul excitan los electrones de la banda de conducción de la plata de la nanopartícula. Este resultado nos da la explicación del 75% de toda la celda de mayor actividad. El 25% restante se debe al movimiento difusivo de los electrones de conducción [16] y [17].



CONCLUSIONES

Se ha expuesto el método de diferencias finitas en el dominio del tiempo para estudiar la dispersión de luz por una nanopartícula de plata. Se incluye una explicación de la forma del pulso electromagnético utilizado para la solución numérica de las ecuaciones de Maxwell. Se postula que el material responde conforme a lo descrito por el modelo de Drude para los electrones de conducción, de modo que hemos agregado una descripción breve de la ecuación involucrada. La solución numérica permite calcular el vector de Poynting cuando la radiación de la partícula se encuentra en un estado casi estacionario. La transformada de Fourier del mismo presenta un pico muy agudo con un máximo en l = 378.77 nm, situado en la región ultravioleta. Se obtiene un mapa del estado de radiación justo momentos después de que el pulso perturbador ha dejado de actuar sobre la nanopartícula, con lo cual se identifican las zonas de mayor actividad radiactiva de la nanoestructura. Se encuentra una región de gran actividad, que ha sido medida a escala para conocer sus dimensiones geométricas y el grado de penetración de la radiación en el metal. Los resultados son satisfactoriamente comparados con el efecto pelicular *(skin depth)* predicho por la teoría y con el fenómeno de difusión de electrones mediante datos experimentales de su trayectoria libre media en la plata.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la hospitalidad del Área de Cómputo de Alto Rendimiento de la Universidad de Sonora (ACARUS), donde fue realizado el trabajo numérico.

BIBLIOGRAFÍA

[1] M. Ranjan Gartia et al., "Colorimetric Plasmon Resonance Imaging Using Nano Lycurgus Cup Arrays," Adv. Optical Mater., Vol. 31, pp. 68-76, Jan 2013.
[2] Consultar, por ejemplo: J. H. Grossman and Scott E. McNeil, "Nanotechnology in Cancer Medicine", Phys. Tod., Vol. 65, no. 8, pp. 38-42, Aug. 2012. J. Dawson, "NSF centers to study societal impact of nanotechnology", Phys. Tod., Vol. 59, no. 2, p. 20, Feb 2006. C. C. M. Mody, "The larger world of nano", Physics Today, Vol. 61, no. 10, pp. 38-44, Oct 2008.
[3] R. Alam R. et al., "Probing Bioluminescence Resonance Energy Transfer in Quantum Rod-Luciferase Nanoconjugates", ACS Nano, Vol. 10, pp. 1969-1977, Oct 2016.
[4] A. O. El-Ballouli, E. Alarousu, A. R. Kirmani, A. Amassian, O. M. Bakr, O. F. Mohammed, "Overcoming the Cut-Off Charge Transfer Bandgaps at the PbS Quantum Dot Interface", Adv. Funct. Mater, Vol. 25, pp. 7435-7441, Dec 2015.
[5] P. M.Tomchuk y N. I. Grigorchuk, "Shape and size effects on the energy absorption by small metallic particles". Phys. Rev. B, Vol. 73, no. 15, pp. 155423-1 – 155423-17, Apr 2006.
[6] F. Delogu, "Thermodynamics on the nanoscale", J. Phys. Chem. B, Vol. 109, pp. 21938-21941, Sep 2005. C. C. Yang, Y. May, "Thermodynamics at the nanoscale: A new approach to the investigation of unique physicochemical properties of nanomaterials", Mater. Sci. Eng. R-Rep., Vol. 79, pp. 1-40, May 2014.
[7] D. Cela et al., "Resource Letter N-1: Nanotechnology", Am. J. Phys., Vol. 82, pp. 8-22, Jan 2014.
[8] A. G. Smart, "Phonon spectrometry goes nanoscale", Phys. Tod., Vol. 67, pp. 16-17, Feb 2014.
[9] D. MacIsaac, "American Chemical Society ByteSize science wideos, bytesizescience.com/index.cfm", The Phys. Teach., Vol. 51, No. 2, p. 125, Feb 2013.
[10] A. Junka y F. Riess, "From an idea to a vision: There's plenty of room at the bottom", Am. J. Phys., Vol. 74, pp. 825-830, Sep 2006.
[11] K. S. Yee, "Numerical solution of initial boundary value problems involving maxwell's equations in isotropic media". IEEE Transactions on Antennas, Vol. 14(3), pp. 302–307, May-Jun 1966.
[12] R. P. Feynman, R. B. Leighton, M. Sands, "The Feynman Lectures on Physics", Addison-Wesley, 1964.
[13] Una presentación didáctica se encuentra en: A. Salvia, "Métodos numéricos para la resolución de ecuaciones diferenciales. Notas del Curso: Cálculo Numérico (plan 87), Universidad de la República - Uruguay, Facultad de Ingeniería", 2002. En línea en: http://www.fing.edu.uy/inco/cursos/numerico/ed/final/FDTD.pdf.
[14] L. de la Peña, "Introducción a la Mecánica Cuántica", UNAM-FCE. 2006.
[15] D. R. Penn, "Electron mean-free-path calculations using a model dielectric function", Phys. Rev. 35, No. 2, p. 482-486, 1987.
[16] H. Kanter, "Slow-Electron Mean Free Paths in Aluminum, Silver, and Gold", Phys. Rev. B, Vol. 1, no. 2, pp. 522-537, 1970.



EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN DE SUSTENTABILIDAD Y SEGURIDAD EN CONSTRUCCIONES DE VIVIENDA EN MÉXICO

Evaluation of sustainable management and safety in housing construction in Mexico

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Marco Antonio Ramos Corella [1]
Salvador García Rodríguez [2]
Jesús Quintana Pacheco [3]
Arturo Ojeda De La Cruz [4]
Ana Cecilia Borbón Almada [5]

Recibido: 19 de septiembre de 2015,
Aceptado: 15 de marzo de 2016

Autor de Correspondencia:
Dr. Marco Antonio Ramos Corella
Correo: marco.ramos.corella@gmail.com

Resumen

Se presentan los resultados de la aplicación de un modelo para determinar el nivel de gestión de sustentabilidad y seguridad en construcciones de vivienda en México. Esta evaluación se determina mediante la aplicación de criterios y parámetros con los cuales se miden el grado de compromiso de la gestión del proyecto con el medio ambiente y la seguridad de los involucrados en él desde la etapa de diseño hasta la demolición o desmontaje final. Los criterios utilizados en este modelo tienen dos funciones: medir lo realizado hasta el momento e indicar qué debe hacerse para corregir las debilidades encontradas. Además, pueden utilizarse como pautas a seguir para planear proyectos futuros y evitar problemas de gestión.

Palabras clave: seguridad ocupacional, sustentabilidad, construcción sostenible.

Abstract

In this paper are shown the results of a model´s implementation to determine the level of sustainable and occupational management for constructions of houses in Mexico. This assessment is determined by the application of criteria and parameters to test the commitment level of the project managers with sustainability and occupational safety and health of all the people involved in the project, since the design phase to the construction's demolition. There are two functions of these criteria: the first is to measure what has been done to a single moment in the projects life, and the second one is to point out what should be done to correct the weaknesses found. Also these criteria and parameters can be used to plan new projects and improve the construction management.

Keywords: *occupational safety, sustainability, sustainable construction.*

1 Depto. de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora / Correo: marco.ramos@dicym.uson.mx
2 Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey / Correo: sgr@itesm.mx
3 Depto. de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora / Correo: quintana@dicym.uson.mx
4 Depto. de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora / Correo: ojeda@dicym.uson.mx
5 Depto. de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora / Correo: acborbon@dicym.uson.mx

INTRODUCCIÓN

Según el Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente (UNEP) [1], a nivel mundial, los edificios son responsables del 40% del consumo anual de energía y hasta un 30% de todos los gases de efecto invernadero (GEI) relacionados con la energía; además, menciona que el sector de la construcción es responsable de un tercio del consumo de recursos de la humanidad, del 12% del consumo total de agua dulce, y produce hasta un 40% de los residuos sólidos.

En el caso de México, el sector vivienda consume alrededor del 19% de la energía que produce el país [2] y es responsable de aproximadamente un 7% de las emisiones GEI, representando a nivel nacional 49 $MTCO_2$ por año [3]. Además, la generación anual estimada de residuos originados por la construcción de vivienda para el año 2011 fue 86.7 kg por metro cuadrado construido en desarrollos habitacionales, y el total del sector de la construcción fue de 114 kg por metro cuadrado, lo que equivale a una generación diaria de 16,659.28 toneladas [4].

Lo anterior nos muestra que el sistema económico actual usa recursos de la naturaleza y vuelve a ésta desechos que la dañan de forma irreparable, constituyendo un desarrollo lineal y finito. La construcción sostenible, como parte del desarrollo sostenible, tiene por objetivo pasar de este proceso de construcción lineal y finito a uno cíclico e infinito integrado en la naturaleza, en el cual no existan los conceptos de residuo ni de daño ambiental, sino que los materiales puedan ser transformados y permanezcan [5], lo que permitirá seguir evolucionando para satisfacer las necesidades humanas.

Sustentabilidad en los hogares, una inversión rentable

En México, el número de hogares incrementó 1.1% entre los años 2010 y 2012, pasó de 29'556,772 a 31'359,562 [6] y se estima que, para la tercera década de este siglo, se tendrán cerca de 40 millones de viviendas, por lo que se calcula que se requerirá la construcción de alrededor de 11 millones de casas nuevas entre hoy y el año 2030 [3]. Tomando en cuenta la gran demanda existente de vivienda, y que una vivienda verde ahorra al menos 30% de luz, 50% de gas y 60% de agua sin modificar sustancialmente la inversión [7], se vuelve muy atractiva la construcción sostenible y el desarrollo sustentable se convierte en "el camino para alcanzar una economía caracterizada por la prosperidad, equidad y un ambiente saludable y, es el marco en el que se integran los objetivos económicos, sociales y ambientales que mejoran las perspectivas de las aspiraciones de una sociedad" [8].

La construcción de edificios sustentables implica varios aspectos, entre ellos, que tengan un desempeño eficiente en el consumo de agua y energía; se proteja el sitio de la obra y aprovechen correctamente la infraestructura existente y sus condiciones para minimizar el uso de transporte privado; se minimice el desperdicio de materiales y se tome en cuenta el impacto causado por su extracción y producción; entre otras estrategias [9]. Es decir, si nos proponemos aplicar medidas de construcción sostenible, "es fundamental adoptar una visión integrada, desde la extracción de las materias primas hasta la gestión de sus residuos una vez derribada la obra" [10].

Fuerza de trabajo propensa a accidentes

El sector de la construcción emplea en promedio más del 10% de la fuerza laboral [1] y, en la etapa de edificación, es el sector de la economía que absorbe la mayor cantidad de mano de obra no cualificada del país [4], lo cual indudablemente incide en la siniestralidad. Al utilizar esta mano de obra poco cualificada, aunado a que los empleos son eventuales y las posibilidades de promoción son escasas, disminuye notablemente la calidad y aumentan los riesgos por inseguridad. Y, como menciona Solís [11]: "La seguridad y la salud de los trabajadores de la construcción se insertan dentro de un esquema cambiante, en un ambiente donde el sistema de producción se encuentra en fase de implementación, sin llegar a ser estable, lo cual incide en la gestión de la calidad y productividad de los procesos". Es por ello que, con esta escasa formación, existe poca cultura preventiva.

Desde el enfoque de salud ocupacional, la construcción se encuentra dentro de los primeros lugares a nivel mundial, entre aquéllas que tienen un mayor número de accidentes fatales y no fatales [12], por ejemplo, en los Estados Unidos 4,405 obreros de la construcción murieron durante la jornada de trabajo en 2013 [13]. Según datos del Instituto Mexicano del Seguro Social [14], en los "riesgos laborales por actividad económica", para 2013 tenemos a la "Construcción de edificaciones y obra de ingeniería civil" como la segunda más riesgosa con el 7.8% de los casos, además, en "días subsidiados por grupo de actividad económica", se lleva el primer lugar con el 9.1% de los casos, así como en "defunciones", con el 19.8%.

Considerar que existe una relación que por cada accidente que ocurre, podrían identificarse alrededor de 300 incidentes previos, nos indica que la investigación sistemática de incidentes puede ser un método de prevención de accidentes [15].

Como parte de la evolución del proceso constructivo actual hacia uno más sustentable y, enfocado en cuidar de la salud de todos los involucrados en el proyecto de construcción, surge la necesidad de contar con un modelo mediante el cual sea posible determinar el grado de buena gestión de un proyecto de construcción de viviendas, integrando los aspectos medioambiental y de seguridad ocupacional.

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un modelo para evaluar la gestión de la sustentabilidad y seguridad de proyectos de ingeniería civil, en particular proyectos de

vivienda hechos en México y que, a su vez, esta evaluación sea una guía de gestión para proyectos posteriores. Las características del modelo son las siguientes:

- Que sea de fácil aplicación.
- Que contenga una lista de verificación con parámetros de ambos enfoques de gestión.
- Que establezca un nivel de relevancia para cada criterio.
- Que tenga índices de gestión con los que se pueda evaluar y muestren el nivel de éxito de la gestión.
- Que los criterios y parámetros sirvan de pauta para la mejora en futuros proyectos.

Con estos objetivos se pretende brindar beneficios tales como conocer los parámetros que se consideran más relevantes y, por ende, en los que hay que prestar atención extra a la hora de llevar a cabo un proyecto y también conocer el grado de éxito en la gestión del proyecto en materia de sustentabilidad y seguridad.

METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos señalados en el apartado anterior se siguen los pasos que se enlistan a continuación:

- Primeramente, se realiza una revisión bibliográfica en la que se identifican los principales parámetros comúnmente utilizados en materia de sustentabilidad y seguridad de construcciones. Posteriormente, se seleccionan los que se consideran útiles para los fines de este proyecto.
- Una vez seleccionados los parámetros, se agrupan los que así lo permiten y se denominan criterios.
- Se crea una lista de verificación ordenada de todos los criterios y, por medio de la opinión de un grupo de expertos, se valida la importancia de cada criterio para conocer su relevancia y, según el caso, saber cuáles deben desecharse. Para esto se utiliza el método Delphi.
- Se hacen los ajustes pertinentes a la lista de verificación tomando en cuenta la opinión del grupo de expertos y, después, se identifica en qué etapa del ciclo de vida del proyecto se debe verificar cada uno de estos criterios.
- Se crea y revisa el modelo de gestión para el uso de los criterios propuestos.
- Se aplica el modelo, se identifican imperfecciones y se corrigen.
- Se realiza la revisión final del modelo de gestión.
- Se aplica de nuevo, se obtienen conclusiones acerca del desempeño y se emiten recomendaciones para los administradores de los proyectos de los casos de aplicación.

EL MODELO

Después de la selección, depuración, evaluación y recomendaciones hechas por los expertos, el modelo quedó reducido a treinta criterios, de los cuales veinte corresponden a Construcción sustentable y diez a la Gestión de la seguridad. Fueron distribuidos de la siguiente manera:

Criterios de Construcción sustentable:

1. Naturaleza de los materiales.
2. Durabilidad de los materiales.
3. Utilización de materiales y recursos recuperados. Reutilización de materiales.
4. Reciclaje de materiales.
5. Materiales con distintivos de garantía de calidad ambiental.
6. Formación y profesionalización de todos los trabajadores en el ámbito ambiental.
7. Energía consumida en el transporte.
8. Energía utilizada en el proceso de construcción de la vivienda.
9. Consumo energético de la vivienda.
10. Utilización de fuentes de energía naturales mediante dispositivos tecnológicos.
11. Residuos y emisiones generados en el proceso de construcción de la vivienda.
12. Residuos y emisiones generados durante la actividad de la vivienda.
13. Residuos y emisiones generados en la deconstrucción de la vivienda.
14. Control de la contaminación acústica.
15. Diseño flexible de la vivienda.
16. Guía para los usuarios en la operación eficiente de la vivienda.
17. Calidad de vida de los habitantes.
18. Instalaciones en la vivienda que ahorran agua.
19. Valor ecológico del suelo y cuidado de los alrededores.
20. Urbanización sustentable (estacionamiento, drenaje, etcétera).

Criterios de Gestión de la seguridad:

1. Planear seguridad desde el diseño.
2. Documentar accidentes y daños.
3. Documentar acciones preventivas.
4. Documentar fallas de maquinaria y equipo.
5. Capacitar al personal en materia preventiva.
6. Documentar entrenamiento de personal.
7. Conocer el origen de los accidentes.
8. Realizar el análisis de riesgos.
9. Sistema de control y prevención de riesgos.
10. Informar al personal de resultados del programa.

CASOS DE APLICACIÓN

El modelo se prueba en dos proyectos: uno en la ciudad de Guadalajara, Jalisco y otro en la ciudad de Monterrey, Nuevo León. Se trata de que sean proyectos diferentes para ver cómo se comporta el modelo en cada situación.

La primera aplicación del modelo es un proyecto de construcción de viviendas de tipo residencial medio, en un desarrollo urbano de dos mil viviendas. Este desarrollo

consta de siete tipos diferentes de viviendas y se encuentra en la ciudad de Guadalajara, en el municipio de Zapopan, estado de Jalisco, México.

El costo aproximado de una de estas viviendas es de $ 900,000.00 pesos. Estas casas son de dos niveles y tienen tres recámaras, cuentan con cocina, sala, comedor, estancia, estacionamiento y dos y medio baños. Son 95 metros cuadrados de construcción en un terreno de 99 metros cuadrados.

Los resultados obtenidos de la aplicación del modelo en este proyecto son los siguientes: de construcción sustentable se completó el 46.19% de los criterios y de seguridad el 50.07%. En las figuras 1 y 2, se muestran en color rojo la puntuación obtenida en cada uno de los criterios, junto a la puntuación máxima posible en color azul. El espacio entre ambas líneas es la oportunidad de mejora del criterio.

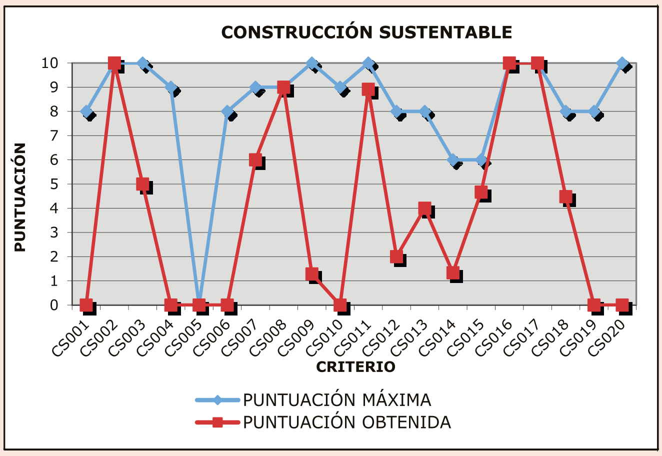


Figura 1. Análisis de resultados de Construcción sustentable.

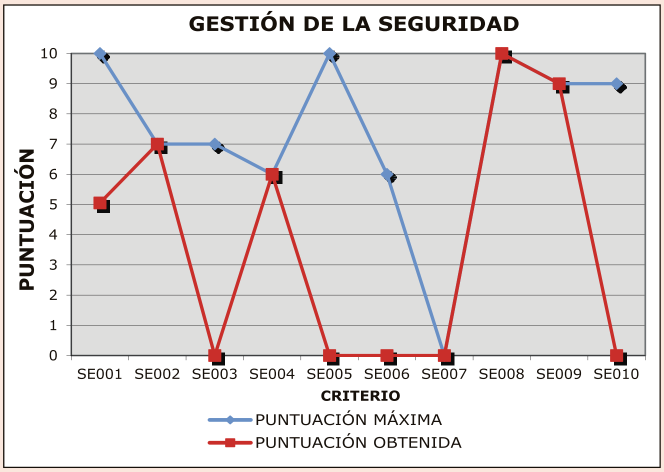


Figura 2. Análisis de resultados de Gestión de la seguridad.

La segunda aplicación del modelo es en un proyecto de construcción de viviendas residenciales, en un desarrollo urbano que se localiza al sur de la ciudad de Monterrey, en el estado de Nuevo León, México.

Las características generales de estas viviendas son un terreno de 350 metros cuadrados, construcción de 295 metros cuadrados, tres recámaras (la principal con baño vestidor), sala–comedor, cocina–antecomedor, cuarto de lavado cerrado, cuatro y medio baños, cochera doble, amplio jardín y cuarto de servicio.

En este caso, los resultados que se obtuvieron fueron que se completó el 28.83% de los criterios de construcción sustentable y el 72.06% de gestión de la seguridad. A continuación se presentan las figuras 3 y 4 correspondientes a este proyecto.

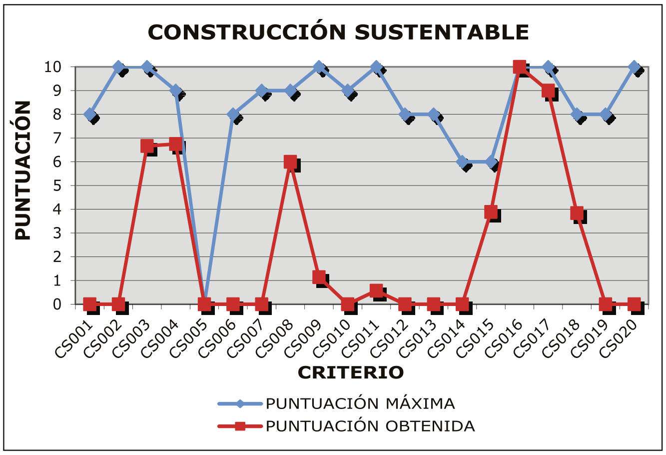


Figura 3. Análisis de resultados de Construcción sustentable.

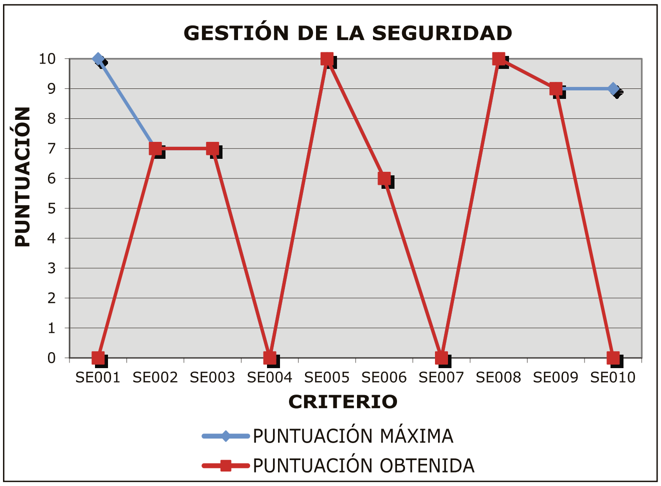


Figura 4. Análisis de resultados de Gestión de la seguridad.

CONCLUSIONES

Mediante el uso de este modelo, se logró determinar, con una buena aproximación a la realidad de cada proyecto y por medio de una calificación que se obtiene con la suma de los puntajes obtenidos en los criterios, el buen grado de gestión desde el punto de vista de cada uno de los enfoques.

En relación a la sustentabilidad de las construcciones, la percepción en la industria sigue siendo que la construcción sustentable implica un sobrecosto, que a pesar de que se han modificado algunas normas como las de ahorro energético, y se han otorgado incentivos para empresas inmobiliarias y para usuarios orientados al ahorro energético y ahorro en el consumo de agua, el usuario final no está dispuesto a pagar el costo adicional, que es solamente un incremento en la inversión inicial.

Así también, la mayoría de proyectos que tienen enfoques sustentables se limitan a propiedades térmicas como cierto aislamiento, a la instalación de dispositivos, electrodomésticos y luminarias de bajo consumo, llaves ahorradoras de agua, etcétera, lo que no demuestra un verdadero compromiso con el medio ambiente; por otro lado hay quienes se esfuerzan un poco más e incorporan en sus proyectos algunos aspectos de diseño bioclimático.

En cuanto a la gestión de la seguridad, la práctica cotidiana se basa en que se cumpla con el pago de las cuotas o tasas, o sea, ofrece un seguro en caso de ocurrir un accidente laboral, pero no se preocupa por ir a la raíz del problema ni por verificar la aplicación de mecanismos para la prevención de riesgos. Es decir, los constructores consideran que implementar medidas de seguridad y salud es un pago extra, y por eso se limitan a las condiciones más básicas como señalizaciones, protección general de la obra y algunas protecciones personales.

BIBLIOGRAFÍA

[1] *Iniciativa para Edificios Sostenibles y Clima (UNEP-SBCI). Promoviendo políticas y prácticas para edificios y construcciones* N.d: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, [En línea] Disponible: http://www.unep.org/sbci/pdfs/sbci_2pager_spanish.pdf.

[2] G. Insunza y C. R. Dávila. "Desafíos de los programas de vivienda sustentable en México" *Cuadernos de vivienda y urbanismo,* vol. 4, no. 7, pp. 60-74, Enero-Junio 2011.

[3] R. Kaineg *et al*. (2013) NAMA Apoyada para la Vivienda Sustentable en México – Acciones de Mitigación y Paquetes financiero. [En línea] Disponible: <http://www.conavi.gob.mx/images/documentos/sustentabilidad/NAMA_mexicana_de_vivienda_sustentable_documento_espa%C3%B1ol.docx>

[4] Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (2014). Plan de manejo de residuos de la construcción y la demolición. [En línea] Disponible: <http://www.fic.org.mx/OTTIC/CMIC/PMrcdCompleto.pdf>

[5] L. Garrido. *Análisis de proyectos de arquitectura sotenible: Naturalezas artificiales (2001-2008)*. España: McGraw Hill, 2008.

[6] Diario oficial de la federación (2014). Programa Nacional de Vivienda 2014-2018. [En línea] Disponible: <http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5342865&fecha=30/04/2014>

[7] E. León, (2008). Guía de agua y construcción sustentable. [En línea] Disponible: <http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=252&Itemid=100162>

[8] "Guía CONAVI criterios e indicadores para desarrollos habitacionales sustentables". México: CONAVI, 2008.

[9] E. Rocha, "Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA", *Revista nodo*. Vol. 11, no. 6, pp. 99-116, Julio-Diciembre 2011.

[10] M. Umaña, "Sostenibilidad y ciclo de vida de los materiales," M.S. tesina, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España, 2011.

[11] R. Solís, C. Alcudia y C. Campos. "Seguridad y salud en la construcción masiva de vivienda en México: caso de estudio" *Ingeniería y Universidad*. Vol. 10, no. 2, pp. 209-222, Julio-Diciembre 2006.

[12] A. López. "La construcción: uno de los trabajos con mayores riesgos laborales en el mundo", *Revista de divulgación científica CienciAcierta digital*. Vol. 9, no. 33, Enero-Marzo 2013.

[13] Commonly Used Statistics (2015). [En línea] Disponible: Occupational Safety & Health Administration <https://www.osha.gov/oshstats/commonstats.html>

[14] IMSS (2014). Información sobre Accidentes y Enfermedades de Trabajo Nacional 2004-2013. [En línea] Disponible: <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/estadisticas/Nacional%202004-2013.pdf>

[15] Secretaría de Previsión y Trabajo. Prácticas Seguras en la Industria de la Construcción. [En línea] Disponible: <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/publicaciones/prac_seg/construccion/PA-06.pdf>



ESTUDIO DE GENERACIÓN DE RESIDUOS ESPECIALES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL FRACCIONAMIENTO PORTAL DE ROMANZA EN HERMOSILLO, SONORA

Study of generation of special residues in the construction of the fractionation portal of romanza in hermosillo, sonora

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Israel Miranda Pasos [1]
Ana Cecilia Borbón Almada [2]
Jesús Fernando García Arvizu [3]
Jesús Quintana Pacheco [4]
Elsa Elizabeth Morales Morales [5]
Gilberto Rivera Andrade [6]

Recibido: 03 de marzo de 2015,
Aceptado: 12 de mayo de 2016

Autor de Correspondencia:
Dr. Israel Miranda Pasos
Correo: imiranda@dicym.uson.mx

Resumen

Los residuos sólidos municipales (RSM) urbanos provienen de diferentes fuentes de generación como viviendas, comercios, tiendas de conveniencia, supermercados, parques, construcción de obra civil, entre otras. Esta última fuente es el sector que genera una importante cantidad de residuos clasificados como De Manejo Especial según la norma Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, por lo que no deben ser depositados en rellenos sanitarios municipales.

En la ciudad de Hermosillo, Sonora, los residuos de construcción comienzan a ser un serio problema, por lo que este trabajo intenta participar en su solución. Se realizó una medición piloto en el Fraccionamiento Portal de Romanza con construcción del tipo de interés social, con la finalidad de obtener información preliminar técnica que permita determinar su impacto en términos de generación, manejo y costo.

Palabras clave: residuo, desperdicio, manejo especial, generación, impacto ambiental.

Abstract

Urban municipal solid waste (MSW) from different generation sources such as homes, shops, convenience stores, supermarkets, parks, construction of civil works, among others. The latter is the industry source that generates a significant amount of waste classified as Special Management, according to the Mexican standard NOM -161-SEMARNAT-2011, so that should not be disposed in municipal landfills.

In the city of Hermosillo, Sonora, construction waste is becoming a serious problem, so this paper attempts to participate in its solution from a pilot measurement of the neighborhood Portal Romanza, with construction of the type of social house, in order to obtain preliminary technical information to assess their impact in terms of generation, handling and cost.

Keywords: *residue, waste, special handling, generation, environmental impact.*

Correo: imiranda@dicym.uson.mx 1
Correo: acborbon@dicym.uson.mx 2.
Correo: fergarcia@pitic.uson.mx 3
Correo: quintana@dicym.uson.mx 4
Correo: emorales@dicym.uson.mx 5
Departamento de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora / Estudiante 6

INTRODUCCIÓN

La generación de residuos en las ciudades es un problema que aqueja a las sociedades actuales a nivel mundial, por lo que México no es la excepción. Según el Instituto Nacional de Ecología, en el año de 1964, se iniciaron en la ciudad de México los programas de recolección y disposición de Residuos Sólidos Municipales (RSM), así como la aplicación de métodos y técnicas de ingeniería para su manejo y tratamiento. (INE, 2013).

Los RSM urbanos tienen diferentes fuentes de generación, las casas habitación, comercios, tiendas de conveniencia, supermercados, parques y construcción. Es esta última la que genera residuos de Manejo Especial, que son producto de la edificación de obra civil. El INE clasifica los RSM por la fuente, su origen específico y por el tipo de residuo. Tomando en cuenta la clasificación según la fuente, el sector de la construcción-demolición es una de ellas.

Los residuos generados por el sector de la construcción son clasificados como Residuos de Manejo Especial por la norma NOM-161-SEMARNAT-2011. En su anexo Listado de Residuos de Manejo Especial fracción VII y en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, se definen como "aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos".

En la actualidad, la alta demanda de obra civil es más que suficiente para que se estén generando cantidades considerables de residuos porque la construcción es tan masiva que no se requiere esperar a que un pueblo se conviertan en ruinas o sean devastados.

La generación de residuos en el sector de la construcción se produce por dos actividades principales: la obra nueva y la deconstrucción-demolición. Los residuos pueden tener diferentes orígenes; es decir, dependiendo de la etapa de construcción será el tipo residuo: en trazo y limpia se genera residuo orgánico e inorgánico (flora y suelo); en cimentación se genera acero, concreto, madera, entre otros. Así, cada etapa tiene sus residuos característicos.

Los impactos asociados a los residuos son:

- Vertidos incontrolados.
- El transporte de los residuos al vertedero y/o centros de acopio.
- La no reutilización de residuos.

Para disminuir los impactos, es necesario que haya sistemas eficaces de gestión de residuos que contemplen:

- La minimización en el uso de materias y recursos, principalmente en aquellos en los que se dificulta su reutilización o reciclaje.
- La reducción de los residuos; el mejor rendimiento de los materiales y productos; evitar tener inventarios en exceso para que estos no se conviertan en residuos; etcétera.



- El reciclado de residuos como los morteros para enjarres y el pegado de mampostería que puedan remezclarse para su mismo uso.
- La recuperación de energía al mandar los productos que son combustibles a las empresas que lo utilicen como fuente de energía.
- La reducción al mínimo de la cantidad de residuos y/o desperdicios a vertederos.

En la actualidad, los sistemas productivos fomentan el consumismo, lo cual tiene como consecuencia el hábito de usar y tirar. Por esta razón, debe redirigirse esta actitud hacia adquirir lo que realmente se necesita (reducir), seguido de fomentar la reutilización y el reciclaje (5).

En específico, en la ciudad de Hermosillo, Sonora, se generan residuos sólidos municipales, los cuales están cuantificados por subproductos. Es uno de ellos el sector de la construcción. La cantidad de generación de este sector no se tiene cuantificado por el Programa de Desarrollo Urbano Municipal del 2007, en parte porque las compañías constructoras y/o contratistas no reportan los residuos de la construcción; es decir, disponen de ellos mediante el vertido en áreas donde se requiere rellenar y/o nivelar terrenos o los depositan directamente en tiraderos a cielo abierto. En la ciudad se tenían contabilizados 25 de éstos en el 2005, donde el volumen de reciclados de residuos apenas era del 4.7 % (4).

Atendiendo la problemática de no contar con la cuantificación de los residuos y/o desperdicios generados por el sector de la construcción, se realiza el presente estudio preliminar con el objetivo de cuantificar residuos y desperdicios más comunes de un frente de 12 viviendas de interés social, así como su impacto económico.

SITIO DE ESTUDIO

Las viviendas analizadas se ubican en el fraccionamiento Portal de Romanza, localizado al norte de la ciudad de Hermosillo (Figura 1). Las casas se construyeron a base de



losa de cimentación de concreto armado, muros a base de bloque de mortero vibrocomprimido pegado con mortero a base de cemento-cal-arena, dalas y castillos ahogados con concreto, losa a base de vigueta y casetón con capa de compresión de 4 cm de espesor y acabados texturizados.

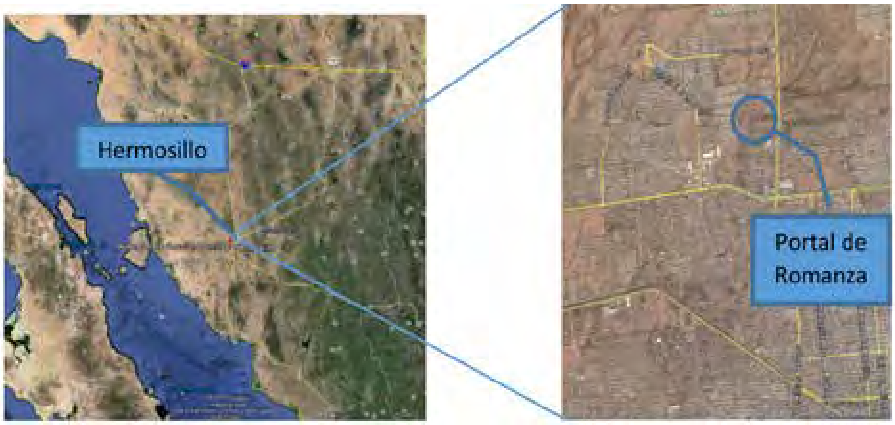


Figura 1. Localización del fraccionamiento Romanza hacia el norte de Hermosillo.

DESARROLLO

Se establecieron diferentes etapas en el proyecto para un mejor control y evaluación del avance. Las etapas que se llevaron a cabo son:

Ubicación de viviendas

Se seleccionaron las casas de las que se midieron los materiales de desperdicio y residuos. Las casas seleccionadas se ubican en la manzana 837 del lote 14 al 25, siendo un total de 12 viviendas de 46.108 m^2 de construcción cada una.



Figura 2. Localización del área de estudio dentro del fraccionamiento.

Definición de desperdicios de materiales

Los residuos y/o desperdicios seleccionados para ser medidos son cinco y se definieron por su origen de la siguiente manera:

A) Residuo de concreto: Material generado por la fabricación, vertido, colocación y acabado de elementos de concreto o por la demolición de elementos a base de concreto.



Figura 3. Concretos.

B) Residuo de mortero: Material generado por la fabricación, transporte, colocación, desperdicio o demolición de elementos a base de mortero.



Figura 4. Recolección de mortero.

C) Residuo de block: Material generado por la fabricación, manejo y colocación de block.



Figura 5. Recolección de block.

D) Residuo de plásticos-poliducto naranja: Material producto del corte y/o desperdicio, así como de la actividad de demolición-deconstrucción.



Figura 6. Plástico-poliducto.

E) Residuo de cartón-papel: Material reciclable producto de embalajes, sacos de envoltura de cementantes, cerámicos, entre otros.



Figura 7. Cartón y papel.

Acopio

Los materiales recolectados se depositaron en áreas reservadas para cada tipo con el fin de llevar un control de ellos. La ubicación de los depósitos es en áreas cercanas al frente de obra para evitar que estos sean dispuestos en lugares diferentes (Figura 7).



Figura 8. Áreas de disposición de residuos y/o desperdicios.

Al personal que auxilió en la recolección y medición se capacitó para separar el material, su disposición, pesaje y registro de datos.



Figura 9. Instrucción del personal que recolecta y pesa los residuos y/o desperdicios.

Para los formatos de control, se capturó la información en formatos individuales; es decir, uno para cada residuo o desperdicio como block, concreto, mortero, papel y cartón o plástico y poliducto.

Medición de los residuos y/o desperdicios

Generalmente, la medida variable de los residuos y/o desperdicios es el peso, el cual se determina por la unidad de medida del material que le dio origen al residuo, los que a continuación se describen:

Concreto: Para calcular el volumen del residuo se tomó como referencia el peso y volumen que ocupa el concreto en estado seco y endurecido en un espécimen cilíndrico de 15 cm de diámetro por 30 cm de alto.

Mortero: Para calcular la cantidad de volumen de mortero se divide el peso total de su desperdicio entre el peso volumétrico del mortero en estado seco.

Block: Para determinar el número equivalente de piezas de block desperdiciadas, se dividió el peso total obtenido del residuo entre el peso de una unidad de block con dimensiones que corresponden a 0.12m x 0.20m x 0.40m.

Plástico-poliducto: Se pesó el total de desperdicio de poliducto dependiendo del diámetro; en este caso fue un solo diámetro, 1/2 pulgada, el valor obtenido se dividió entre el peso por metro lineal estándar para este diámetro, obteniendo como resultado los metros lineales de poliducto desperdiciados.

Cartón-papel: Se determinó el peso del cartón y del papel.

Para el análisis económico se utilizaron los resultados obtenidos de la transformación de los residuos en sus equivalentes respectivos como materia prima y su precio de mercado en el momento del estudio.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra los resultados totales de los residuos y desperdicios generados para las 12 viviendas, así como el estimado individual (por vivienda). La medición se realizó de manera continua, desde el inicio hasta la entrega de las viviendas

Tabla 1. Residuos generados.

Residuos	Cantidad total (kg)	Cantidad (kg/vivienda)
Block	2,302.43	192.00
Concreto	3,211.26	268.00
Mortero	3,215.89	268.00
Papel y cartón	211.70	17.60
Poliducto	26.39	2.00
Total	8,967.67	747.60

El impacto del volumen de los residuos generados se midió en términos de hacerlos equivalentes a elementos de mampostería, como si se fabricaran por primera vez, es decir, materia prima, como se muestran en la tabla 2.



Tabla 2. Cuadro de transformación del residuo a elemento de mampostería.

Residuo	Cantidad (kg)	Cantidad (kg/ vivienda)	Referencia de unidad de medida		Unidad equivalente / vivienda		Unidad equivalente / 12 viviendas		Volumen de elemento de mampostería/12 viviendas
Block	2,302.43	192.00	10.50	kg/pza	18.00	pza	219.28	pza	16.87 m² de muro
Concreto	3,211.26	268.00	2,200.00	kg/m³	0.12	m³	1.46	m³	14.6 m² de piso 10 cm espesor
Mortero	3,215.89	268.00	2,150.00	kg/m³	0.12	m³	1.50	m³	99.72 m² enjarre 1.5 cm espesor
Papel y Cartón	211.7	17.60	1.00	unidad	17.60	kg	211.70	kg	Sin equivalencia
Poliducto	26.39	2.00	0.25	kg/m	9.00	m	105.56	m	1.056 rollos de 100 metros lineales
Total	8,967.67	747.60							

De los valores obtenidos, se tiene que el de mayor cantidad corresponde al enjarre, seguido por el block y posteriormente el concreto. En el caso del papel y el cartón no podemos convertirlo a unidad equivalente ya que no se tienen elementos de mampostería cuya base de fabricación sean estos materiales; sin embargo, pueden ser vendidos para su reciclaje a empresas de esa industria.

El impacto económico de los volúmenes de residuos y desperdicios generados y en las cantidades de mamposterías equivalentes se determinó por costo directo de mercado sin aplicar mano de obra ni costos indirectos. La tabla 3 muestra los resultados económicos al trasformar los residuos en costo de adquisición como materia prima.

Tabla 3. Costo directo del residuo transformado a elemento de mampostería equivalente.

Residuo	Cantidad (kg)	Cantidad (kg/ vivienda)	Referencia de unidad de medida		Unidad equivalente / vivienda		Costo/ vivienda del residuo ($)	Unidad equivalente total		Costo total del residuo ($)
Block	2,302.43	192.00	10.50	kg/pza	18 .00	pza	146.00	219.28	pza	1,754.00
Concreto	3,211.26	268.00	2,200.00	kg/m³	0.12	m³	146.00	1.46	m³	1,752.00
Mortero	3,215.89	268.00	2,150.00	kg/m³	0.12	m³	125.00	1.50	m³	1,496.00
Papel y cartón	211.70	17.60	1.00	kg	17.60	kg	26.46	211.70	kg	317.50
Poliducto	26.39	2.00	0.25	kg/m	9.00	m	44.00	105.56	m	528.00
Total	8,967.67	747.60					487.46			5,847.50





CONCLUSIONES

Los volúmenes de los cinco materiales considerados como residuos y/o desperdicios que se generaron representan cantidades considerables en términos de nuevos elementos de mampostería, es decir, para 12 viviendas de interés social representan las siguientes cantidades: 16.87 m^2 de muro de block, 14.16 m^2 de piso de concreto de 10 cm de espesor, 99.20 m^2 de enjarre grueso de 1.50 cm de espesor, 1.05 rollos de poliducto naranja de ½" de diámetro. Económicamente, representan el costo directo de materiales aproximadamente de $5,847.5 pesos**,** costos de mercado a la fecha de reporte.

El manejo adecuado de los materiales en la construcción es un factor importante para la disminución de la generación de residuos y desperdicios, aunado a la disminución del impacto al ambiente y la menor generación de residuos que tienen que ser dispuestos en lugares especiales. Además, representa ahorros económicos en materiales, disposición de ellos y mano de obra, por lo que debe ser valorada la implementación de procesos que garanticen el control y manejo de la generación de desperdicios y/o residuos en la construcción.

BIBLIOGRAFÍA

[1]. N. Casado Martínez, *et al. La enseñanza de la Arquitectura y del Medio Ambiente*. Barcelona: Editorial Impresión S.A. de Litografía, 1996. Pág. 9-14. ISBN 84-89698-34-1.

[2]. E. C. Enkerlin, *et al*. *Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible*. Cd. De México: Editorial International Thomson, 1997.

[3]. J. G. Henry y G. W. Heinke. *Ingeniería Ambiental*. Naucalpan de Juárez: Editorial Pearson Prentice Hall, 1999.

[4]. "Plan de Desarrollo Urbano Municipal 2007". Cd. Hermosillo, Sonora: H. Ayuntamiento de Hermosillo, 2007.

[5]. ITeC, Unión Europea Fondo Social Europeo y Fundación Biodiversidad (2006) Guía general de buenas prácticas ambientales para el jefe de obra. Pp. 7-13. [En línea] Disponible: <http://itec.cat/servicios/librospdf/pdfs/Gu%C3%ADa%20general%20de%20buenas%20pr%C3%A1cticas%20ambientales%20para%20el%20jefe%20de%20obra_ITeC_2006.pdf>

[6] J. A. Medina *et al*. "la situación de los residuos sólidos en México" *Minimización y manejo ambiental de los residuos sólidos*. Cd. De México: SEMARNAT, 2001 [En línea] Disponible< http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/345/sresiduos.html>

[7] F. Maña, J. M. González y A. Sagrera. *Plan de Gestión de Residuos en las Obras de Construcción y Demolición*. Catalunya: Instituto Tecnológico de Cataluña (ITeC) y Programa Life, Dirección General de Medio Ambiente-Comisión Europea, 2000.

[8] Diario Oficial de la Federación (2003). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. [En línea] Disponible: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_220515.pdf>

[9] Diario Oficial de la Federación (2006) Reglamento de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. [En línea] Disponible: < http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1162/1/reglamento_de_la_ley_general_para_la_prevencion_y_gestion_in.pdf>

[10] NOM-161-SEMARNAT-2011."Que establece los criterios para clasificar a los residuos de manejo especial y determinar cuáles están sujetos a plan de manejo; el listado de los mismos, el procedimiento para la inclusión o exclusión a dicho listado; así como los elementos y procedimientos para la formulación de los planes de manejo". México: Diario Oficial de la Federación, 2011.

[11] Buenas Prácticas Ambientales en las Obras de Construcción (2006**).** Consultada el 06 de marzo de 2012. [En línea] Disponible: <www.itec.es>.



ANÁLISIS DE PREFERENCIA EN TRES RUTAS DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN LA CIUDAD DE HERMOSILLO

Preference analysis on three routes of public transport in the city of hermosillo

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Elsa Elizabeth Morales Morales [1]
Dagoberto Burgos Flores [2]
Manuel Ivan Valenzuela Barreras [3]
Graciela López Montellano [4]

Recibido: 24 de febero de 2015,
Aceptado: 09 de marzo de 2016

Autor de Correspondencia:
M. I. Elsa Elizabeth Morales Morales
Correo: emorales@dicym.uson.mx

Resumen

En este artículo se muestran los resultados obtenidos de la recolección de las encuestas aplicadas a los usuarios de tres rutas del transporte público en la ciudad de Hermosillo. Se realizaron 1,286 encuestas, en un periodo de lunes a viernes. El 36.39 % utiliza la Ruta 1, el 27.14 % la Ruta 9 y el 36.47% la Ruta 18. El 52 % es del sexo masculino y el 48 % femenino. En el 63.3 % de los encuestados el rango de edad es de 18 a 25 años. El 58.98% de los encuestados son estudiantes. El 61.36 % de utiliza el transporte para ir a estudiar. Para 33.90 % su viaje dura 20 minutos. El 80.4 % utiliza una ruta para llegar a su destino. El 30.2 % utiliza regularmente la Ruta 1, el 20.2 % la Ruta 9, el 33.1 % la Ruta 18. El 47.67 % utiliza el transporte público todos los días. El 52.29 % considera que el servicio del transporte público es regular. El 40.75 % considera que espera 20 minutos el transporte. El 60.02 % considera que la tarifa actual es razonable. Si se ofrece un mejor servicio en el transporte público, el 73.88 % estaría dispuesto a pagar una tarifa de $8.00. En las características del servicio, los usuarios opinan que en primer lugar está el mal estado físico de las unidades, en segundo lugar los tiempos de espera muy largos y en tercer lugar que los choferes no respetan las paradas.

Palabras claves: Transporte público urbano, tarifa, rutas, demanda del transporte, usuarios o pasajeros.

Abstract

This article presents the results obtained from the collection of surveys of users three routes of public transport in the city of Hermosillo. 1,286 surveys were conducted over a period from Monday to Friday. The 36.39% users of the Route 1 are 52% male and 48% female. In 63.3% of respondents age range is 18 to 25 years. The 58.98% of respondents are students. 61.36% uses the transport to go to school. 33.90% of their trips take 20 minutes. 80.4% use a route to reach their destination. 30.2% regularly uses Route 1. 47.67% uses public transport every day. 52.29% believes that the public transport service is regular. The 40.75% considers wait the transport for 20 minutes. 60.02% believes the current rate is reasonable. If offered a better service in the public transport, 73.88% were willing to pay a fee of $ 8.00 (mexican pesos). In the service features, users say that first is the poor physical condition of the units, secondly the very long wait and thirdly that driver do not respect the stops.

Keywords: *Urban public transport, rates, routes, transport demand, users or passengers*

1 Depto. de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora / Correo: emorales@dicym.uson.mx
2 Depto. de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora / Correo: dburgos@dicym.uson.mx
3 Depto. de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora / Correo: mivb_92@hotmail.com
4 Depto. de Ingeniería Civil y Minas, Universidad de Sonora / Correo: glm_sakura@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Actualmente el sistema de transporte está integrado por 18 rutas, cada una cuenta con diferentes cantidades de unidades para cubrir la demanda de los usuarios. De las rutas que circulan por la ciudad 15 acceden a la zona centro de la ciudad [1].

Para brindar el servicio del Transporte Público Urbano circulan 467 unidades, los recorridos de cada ruta están establecidos por la Dirección General de Transporte.

En el año 2007, el Ayuntamiento en coordinación con la Dirección General de Transporte del Estado de Sonora, levantó un inventario de las paradas oficiales del transporte público, dando como resultado 1,334 puntos de acenso y descenso. Para la instalación y mantenimiento de señales de parada y parabuses, con el fin de proteger de las inclemencias del clima a los usuarios y facilitar la identificación de las paradas, así como brindar una mejor imagen urbana.

En la ciudad se presenta insuficiencia de estructuras para las paradas de camiones, no hay uniformidad en el equipamiento ya que cuentan con casetas de diferentes formas, otros sólo con señal de parada y el resto sin ningún señalamiento, además de no contar con planos de las rutas. Los usuarios conocen el recorrido de la ruta que utilizan normalmente, pero desconocen el recorrido de las otras rutas, también desconocen la ubicación de las paradas [2].

Para la obtención de la información para el desarrollo del estudio se realizaron encuestas de tipo directas a los usuarios de tres rutas del sistema urbano.

CONCEPTOS FUNDAMENTALES

En las ciudades se presenta el desarrollo económico, social y cultural. Se combinan los factores de accesibilidad, desarrollo de actividades y la densidad de la población. La movilidad se presenta como consecuencia de la necesidad de realizar diferentes actividades en distintos lugares de la población.

El objetivo fundamental del transporte urbano es el traslado eficiente, cómodo, económico y seguro de personas a los lugares de interés como trabajo, escuela, recreación, facilitando la integración entre ellos.

Los sistemas de transporte son componentes básicos en la estructura social, económica y física de un área urbana. En ciudades medianas y grandes, los sistemas de transporte público juegan un rol fundamental en la movilidad de las personas. Uno de los mayores desafíos de la planificación del transporte público, consiste en asegurar un sistema operacional y económicamente eficiente, adecuadamente integrado al entorno [3].

Las necesidades de movilidad se incrementan en la medida que los niveles de ingreso aumentan. Si el gobierno en su conjunto no toma en cuenta este fenómeno y se da preferencia a los sistemas de transporte masivo, la infraestructura dispuesta para el movimiento de personas, vehículos y bienes nunca se dará abasto para satisfacer la demanda. Es necesario que a través de los medios institucionales para la educación de los individuos se refuerce el compromiso social para lograr modificar los estándares de actividad de la población. Es necesario cambiar el paradigma para revalorar las actitudes de los individuos y lograr en el largo plazo la modificación de la dinámica urbana. [4].

La principal movilidad vehicular en la ciudad de Hermosillo, ésta conformada por vialidades primarias como son los bulevares y pares viales, las cuales cada vez están más saturadas y con una tendencia a disminuir los niveles de servicio. Los mayores conflictos se presentan en algunos cruceros saturados durante las horas pico, se ha trabajado en la sincronía de los semáforos, pero aún no es posible hacerlo eficiente y mejorar este servicio.

El sistema de transporte público demanda un proyecto de mejora, porque el servicio es deficiente y con horarios limitados, por lo que se fomenta la dependencia del automóvil.

Los problemas ocasionados por los sistemas de transporte son el congestionamiento, la contaminación, los accidentes, siendo un nuevo reto resolver el entorno de movilidad sostenible [5], para minimizar su efecto sobre el cambio climático.

Objeto del estudio

Actualmente la cobertura del sistema del transporte en Hermosillo está distribuido en 18 rutas, realizando alrededor de 300,000 viajes/día (Dirección General de Transportes del Gobierno de Sonora, 2013) (Figura 1).

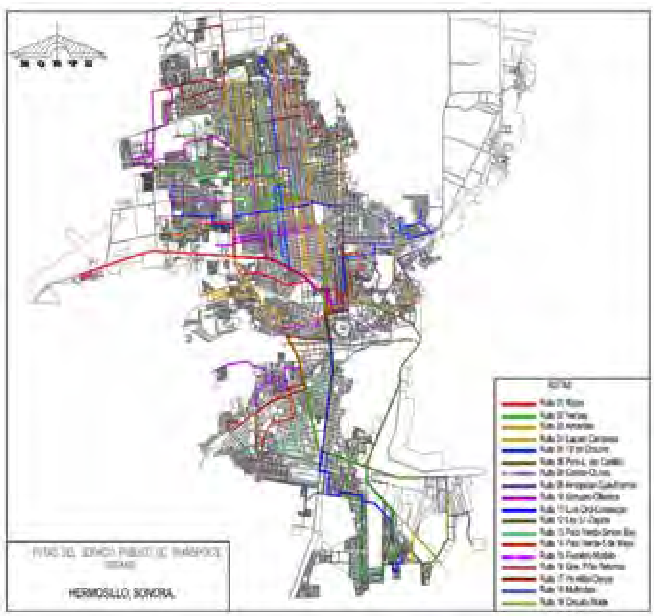


Figura 1. Rutas de camiones en Hermosillo, Sonora.

El municipio de Hermosillo está ubicado al oeste del estado de Sonora, se localiza en el paralelo 29°05’56” de latitud norte y meridiano 110 57’15” de longitud oeste

de Greenwich a una altura promedio 220 msnm, con superficie total de 14,880.40 kilómetros cuadrados. Al año 2010 la población era de 784,342 habitantes (Figura 2).

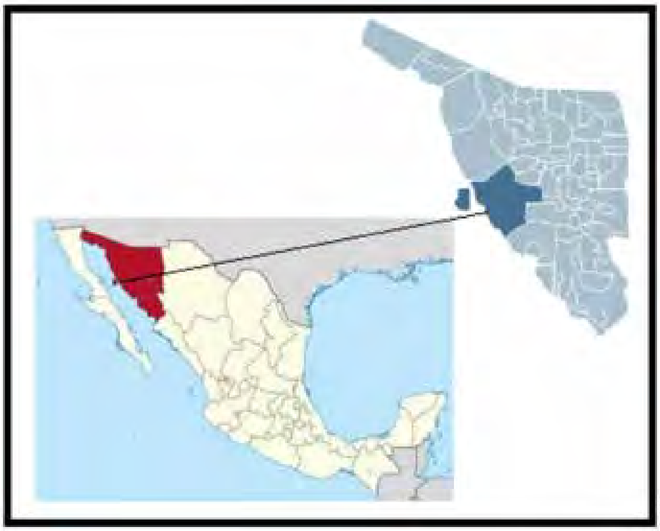


Figura 2. Ubicación del municipio de Hermosillo.

Para seleccionar las rutas en estudio se analizó la que circula de oriente a poniente Ruta 1 Sahuaro – La Manga, longitud 31.6 km; la menos rentable pero necesaria para dar servicio a los usuarios que circulan de norte a sur en la zona este de la ciudad, Ruta 9 Pemex – Villas del Sur longitud 38.2 km y la ruta más rentable que circula por la periferia Ruta 18 Multirutas, longitud 45.1 km.

Se considera que como primera etapa, el entrevistar a los usuarios de estas tres rutas se cubre tres zonas importantes de desplazamiento en la ciudad (Figura 3).



Figura 3. Ruta 1, Ruta 9 y Ruta 18, en Hermosillo, Sonora.

El intervalo de frecuencia de paso en minutos de cada ruta es:

Tabla 1. Intervalo de frecuencia de paso por ruta

	Lunes a viernes		Sábado		Domingo		Vacaciones	
	H Pico	H Valle	H Pico	H Valle	H Pico	H Valle	H Pico	H Valle
Ruta 1 Sahuaro	10	14	14	14	16	16	14	14
Ruta 1 La Mango	10	15	16	16	19	19	17	17
Ruta 9 Pemex-Villas del Sur	10	15	16	16	18	19	17	18
Ruta 9 Centro-Villas del Sur	10	15	16	16	20	20	20	20
Ruta 18 Multurrutas 1	10	12	13	13	16	16	14	14
Ruta 18 Multirrutas 2	10	12	13	13	16	16	14	14

Fuente: Dirección General de Transporte del Estado de Sonora (2014).

La información de encuestas se obtuvo a través de una muestra, con el objetivo de poder inferir afirmaciones o generalizar resultados a partir de la información proporcionada por los usuarios del transporte. Se realizó un muestreo por conveniencia. [6].

Para la obtención de la información del estudio, se realizaron las siguientes etapas:

a) Definición de atributos relevantes.
b) Diseño de la encuesta, aplicación de la encuesta y recopilación de la información en campo.
c) Interpretación de resultados y conclusiones.

RESULTADOS

Se expone un análisis de las encuestas recolectadas. Las preguntas incluyen respuestas únicas y respuestas múltiples.

Encuestas aplicadas

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total	%
Ruta 1	98	98	97	95	80	468	36.39 %
Ruta 9	70	71	69	69	70	349	27.14 %
Ruta 18	97	99	98	92	83	468	36.47 %
						1285	



Figura 4. Encuestas aplicadas.

El 36.39% de los encuestados utiliza la Ruta 1, el 27.14% la Ruta 9 y el 36.47% la Ruta 18.

1. Sexo

	Lunes		Martes		Miércoles		Jueves		Viernes		Total	
	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer	Hombre	Mujer
Ruta 1	52	46	64	34	57	40	42	53	40	40	255	213
Ruta 9	30	40	28	33	32	37	37	32	35	35	172	177
Ruta 18	47	50	52	47	57	41	43	49	44	39	243	226
Total	129	136	154	114	146	118	122	134	1190	114	670	616
											52.10%	47.90%

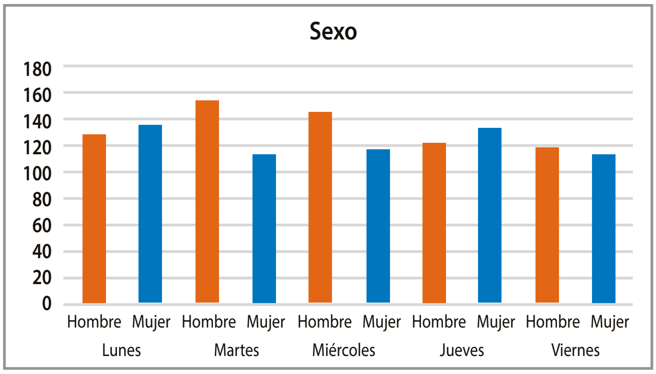


Figura 5. Sexo.

El 52.1% de los encuestados es del sexo masculino y el 47.9% femenino.

2. ¿Qué edad tiene?

	13-17	18-25	26-35	36-45	>45
Ruta 1					
Lunes	3	66	21	2	6
Martes	5	77	13	1	2
Miércoles	4	79	11	3	0
Jueves	3	74	11	3	4
Viernes	6	52	15	0	7
	21	348	71	9	19
Ruta 9					
Lunes	9	21	13	12	15
Martes	5	17	19	19	11
Miércoles	4	29	13	14	9
Jueves	7	33	12	11	6
Viernes	5	30	16	16	3
	30	73	73	72	44
Ruta 18					
Lunes	2	76	8	5	6
Martes	1	74	10	7	7
Miércoles	0	69	13	8	8
Jueves	1	62	14	7	8
Viernes	2	55	10	11	5
Total	**6**	**336**	**55**	**38**	**34**
Total	57	814	199	119	97
%	4.43 %	63.30 %	15.47%	9.25%	7.54%

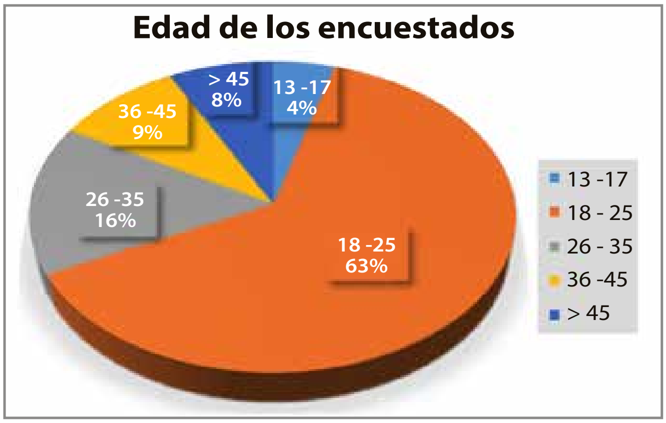


Figura 6. Edad de los encuestados.

El rango de edad es de 18 a 25 años de la población encuestada es del 63.3%.

3. ¿A qué se dedica?

	Estudiante	Ama de casa	Empleado	Trabaja y estudia	Profesionista	Técnico	Busca empleo
Ruta 1							
Lunes	57	3	20	12	4	0	2
Martes	80	0	9	9	0	0	2
Miércoles	66	2	16	12	0	0	1
Jueves	70	1	15	9	0	0	2
Viernes	56	5	14	5	1	0	1
Total	329	11	74	47	5	0	8
Ruta 9							
Lunes	23	10	31	4	1	1	0
Martes	22	14	32	0	1	0	1
Miércoles	28	7	29	1	2	0	0
Jueves	34	6	21	3	1	1	1
Viernes	27	12	24	5	2	0	1
Total	134	49	137	13	7	2	3
Ruta 18							
Lunes	65	3	10	16	1	0	2
Martes	71	6	11	9	0	0	2
Miércoles	63	2	22	7	3	0	2
Jueves	48	4	25	13	1	1	2
Viernes	52	7	12	8	4	0	1
Total	299	22	80	53	9	1	9
Total	762	82	291	113	21	3	20
%	58.98 %	6.35%	22.52 %	8.75 %	1.63 %	0.23 %	1.55 %

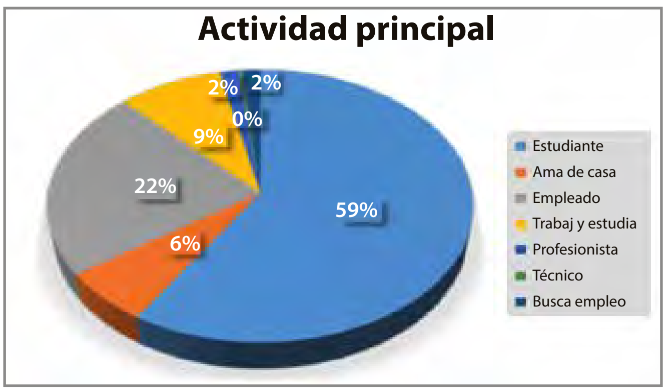


Figura 7. Actividad principal.

El 58.98% de los encuestados son estudiantes y el 22.52% empleados.

Elsa Elizabeth Morales Morales et al.: UNISON / EPISTEMUS 20 / Año 10/ 2016/ pág.: 81-89

4. ¿Para que utiliza el transporte público?

	Trabajo	Estudio	Deporte	Paseo	Llevar hijos a la escuela
Ruta 1					
Lunes	2918	65	1	6	2
Martes	25	82	2	1	0
Miércoles	20	78	5	1	2
Jueves	20	80	4	4	0
Viernes	20	61	2	5	1
	113	366	14	17	5
Ruta 9	Trabajo	Estudio	Deporte	Paseo	Llevar hijos a la escuela
Lunes	37	25	0	9	1
Martes	33	22	1	12	3
Miércoles	31	31	0	7	2
Jueves	28	37	1	6	0
Viernes	32	31	0	6	4
	161	145	2	40	10
Ruta 18					
Lunes	33	74	5	3	0
Martes	22	79	0	7	1
Miércoles	30	72	1	1	0
Jueves	37	59	1	1	2
Viernes	23	60	1	5	4
Total	145	344	8	17	7
Total	419	856	24	74	22
%	30.04 %	61.36 %	1.72 %	5.30 %	158%

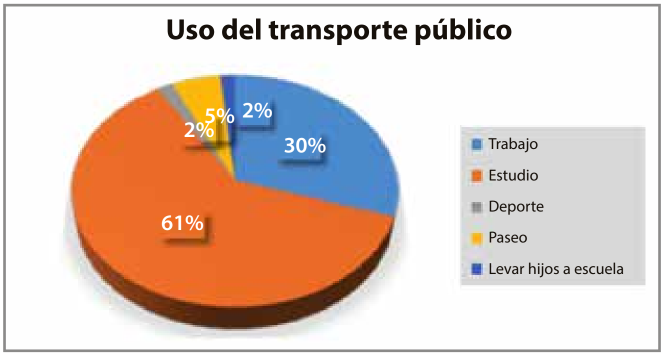


Figura 8. Uso del transporte público.

El 61.36% de utiliza el transporte para ir a estudiar, el 30.04% para ir a trabajar.

5. ¿Cuántos minutos tarda su viaje de ida?

	10 min	20 min	30 min	40 min	1 hr	> 1 hr
Ruta 1						
Lunes	6	31	24	24	11	2
Martes	15	35	28	18	2	0
Miércoles	8	31	29	23	5	1
Jueves	19	34	22	18	2	0
Viernes	8	26	31	13	2	0
	56	157	134	96	22	3
Ruta 9						
Lunes	3	23	23	16	2	3
Martes	1	18	29	11	11	1
Miércoles	6	29	18	12	3	1
Jueves	4	24	22	13	6	0
Viernes	2	25	26	8	3	5
	16	119	118	60	26	10
Ruta 18						
Lunes	20	35	23	11	5	3
Martes	27	33	25	10	2	2
Miércoles	26	31	20	12	7	2
Jueves	23	28	25	13	2	1
Viernes	24	33	18	7	1	0
	120	160	111	53	17	8
	192	436	363	209	53	21
	14.93 %	33.90 %	28.23 %	16.25 %	5.05 %	1.63 %

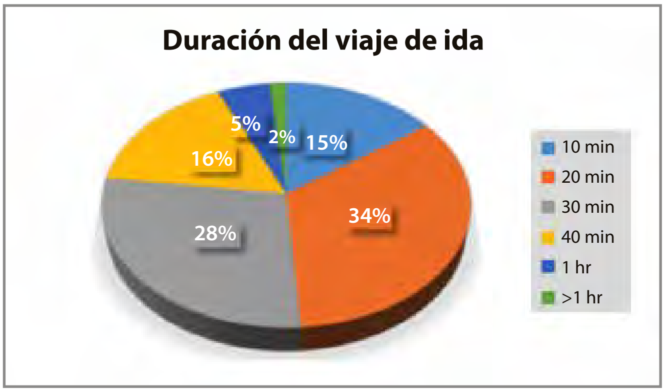


Figura 9. Duración del viaje de ida.

Para 33.90% su viaje dura 20 minutos y para el 28.23% dura 30 minutos.

6. ¿Cuántas rutas utiliza para llegar a su destino?

	1 ruta	2 rutas	> 3 rutas
Ruta 1			
Lunes	65	31	2
Martes	87	9	2
Miércoles	81	13	3
Jueves	75	17	3
Viernes	69	10	1
Total	377	80	11
Ruta 9			
Lunes	55	13	2
Martes	58	13	0
Miércoles	63	6	0
Jueves	54	13	2
Viernes	54	14	2
Total	284	59	6
Ruta 18			
Lunes	76	20	1
Martes	75	23	1
Miércoles	77	18	3
Jueves	73	16	3
Viernes	73	9	1
Total	374	86	9
Total	1035	225	26
	80.48 %	17.50 %	2.02 %



Figura 10. Rutas que utiliza para llegar a su destino.

El 80.4% utiliza una ruta para llegar a su destino.



7. ¿Cuál es la ruta de transporte público que utiliza con más frecuencia para realizar sus viajes?

Ruta 1

	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9	R 10	R 11	R 12	R 13	R 14	R 15	R 16	R 17	R 18	R 19
Lunes	97	1	0	1	2	1	0	0	0	6	3	0	1	0	1	3	6	11	1
Martes	83	1	0	1	1	0	0	0	0	4	0	0	2	0	0	6	2	6	0
Miércoles	82	1	0	4	2	1	0	0	0	5	1	0	1	0	1	1	6	5	2
Jueves	88	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	7	5	0
Viernes	68	0	0	1	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	2	7	1
Total	418	3	1	7	5	2	0	1	1	19	5	0	5	0	2	11	23	34	4

Ruta 9

	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9	R 10	R 11	R 12	R 13	R 14	R 15	R 16	R 17	R 18	R 19
Lunes	0	2	0	1	0	1	0	0	58	0	1	1	1	3	4	0	0	0	0
Martes	0	0	4	1	0	1	0	0	61	0	2	0	0	0	1	0	0	2	1
Miércoles	0	0	0	4	0	0	0	1	64	0	3	1	0	0	0	0	0	1	0
Jueves	0	0	3	0	0	1	1	1	54	0	6	1	0	0	1	0	0	0	0
Viernes	3	1	2	1	0	0	0	0	55	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Total	3	3	9	7	0	3	1		292	0	13	4	1	3	6	0	0	3	2

Ruta 18

	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	R 9	R 10	R 11	R 12	R 13	R 14	R 15	R 16	R 17	R 18	R 19
Lunes	6	2	2	6	0	0	0	0	1	5	2	1	1	2	1	4	6	88	0
Martes	4	0	1	8	2	0	0	0	1	1	0	0	2	0	2	1	4	95	0
Miércoles	4	0	0	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	9	96	1
Jueves	3	0	1	5	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	2	4	84	0
Viernes	2	1	2	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	82	0
Total	19	3	6	29	2	2	0	0	2	9	2	1	3	3	5	7	25	445	1
Total	440	9	16	43	7	7	1	3	295	28	20	5	9	6	13	18	48	482	7
	30.2%	0.6%	1.1%	3.0%	0.5%	0.5%	0.1%	0.2%	20.2%	1.9%	1.4%	0.3%	0.6%	0.4%	0.9%	1.2%	3.3%	33.1%	0.5%

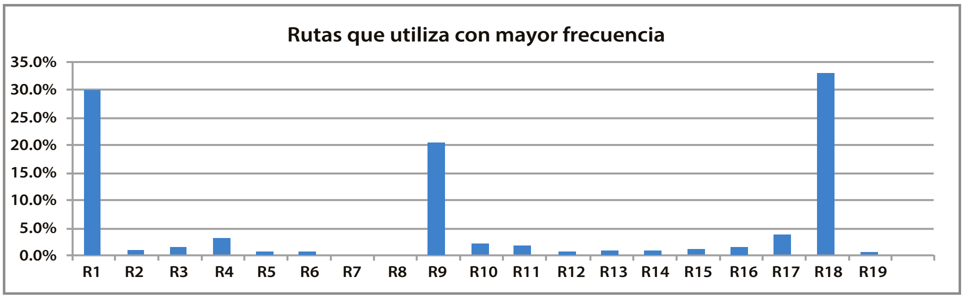


Figura 11. Rutas que utiliza con mayor frecuencia.

De las personas encuestadas 30.2% el utiliza de la Ruta 1, el 20.2% la Ruta 9, el 33.1% la Ruta 18.

Ruta 1

	Todos los días	5 días	4 días	3 días	2 días	1 día
Lunes	46	44	3	3	0	2
Martes	37	55	3	2	1	0
Miércoles	42	50	5	0	0	0
Jueves	44	43	3	2	1	2
Viernes	37	34	5	0	3	1
	206	226	19	7	5	5
Ruta 9						
Lunes	35	24	2	2	5	2
Martes	32	24	3	5	4	3
Miércoles	29	33	3	3	0	1
Jueves	34	29	2	2	2	0
Viernes	29	32	2	5	1	1
	159	142	12	17	12	7
Ruta 18						
Lunes	52	33	3	3	5	1
Martes	53	30	6	4	3	3
Miércoles	60	33	1	3	1	0
Jueves	50	33	6	1	0	2
Viernes	33	41	4	1	3	1
	248	170	20	12	12	7
	613	538	51	26	29	19
	47.67%	41.48%	3.97%	2.80%	2.26%	1.48%

8. ¿Con qué frecuencia utiliza el sistema de transporte público?

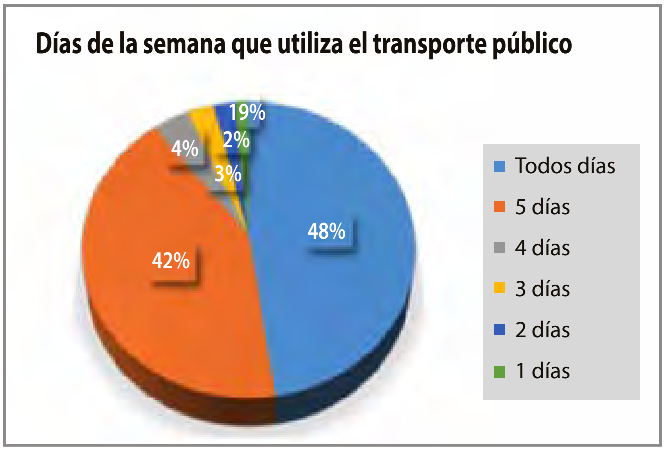


Figura 12. Días que utiliza el transporte público.

El 47.67% utiliza el transporte público todos los días, el 41.84% cinco días de la semana.

9. ¿Cómo considera el servicio del transporte público?

	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Ruta 1				
Lunes	3	21	59	15
Martes	0	33	53	12
Miércoles	0	27	59	11
Jueves	5	30	47	13
Viernes	2	20	40	18
Total	10	131	258	69
Ruta 9				
Lunes	0	11	42	17
Martes	1	11	40	19
Miércoles	0	14	40	15
Jueves	0	19	40	10
Viernes	0	4	53	13
Total	1	59		74
Ruta 18				
Lunes	3	31	54	9
Martes	0	34	51	14
Miércoles	3	26	52	17
Jueves	1	35	47	9
Viernes	2	39	34	8
Total	9	165	238	57
Total	20	355	711	200
	1.56%	27.60%	55.29%	15.55%

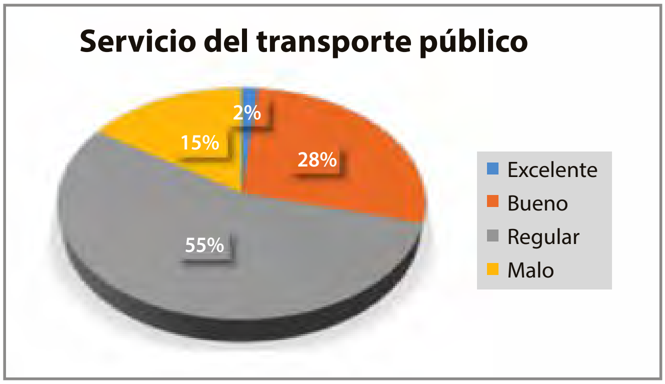


Figura 13. Servicio del transporte público.

El 52.29% considera que el servicio del transporte público es regular.

10.¿Cuánto tiempo espera para tomar el transporte público?

	10 min	20 min	30 min	>30 min
Ruta 1				
Lunes	12	46	29	11
Martes	18	38	35	7
Miércoles	11	45	32	9
Jueves	17	46	23	9
Viernes	18	31	17	14
Total	76	206	136	50
Ruta 9				
Lunes	5	29	20	16
Martes	8	20	23	20
Miércoles	2	21	34	12
Jueves	2	22	27	18
Viernes	3	26	30	11
Total	20	118	134	77
Ruta 18				
Lunes	32	42	16	7
Martes	44	37	13	5
Miércoles	35	43	12	8
Jueves	34	42	13	3
Viernes	35	36	8	4
Total	180	200	62	27
Total	276	524	332	154
	21.46%	40.75%	25.82%	11.98%

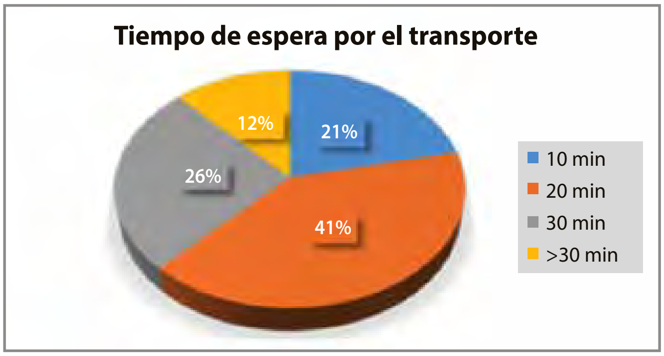


Figura 14. Tiempo de espera por el transporte.

El 40.75% considera que espera 20 minutos el transporte.



11. ¿Cómo considera la tarifa del pasaje del transporte público?

	Muy alta	Alta	Razonable	Baja
Ruta 1				
Lunes	4	31	60	3
Martes	3	24	67	4
Miércoles	0	32	62	3
Jueves	4	28	63	0
Viernes	1	31	47	1
Total	12	146	299	11
Ruta 9				
Lunes	6	31	32	1
Martes	4	32	33	2
Miércoles	0	36	32	1
Jueves	3	21	39	6
Viernes	3	28	37	1
Total	16	148	173	11
Ruta 18				
Lunes	0	38	58	0
Martes	6	24	67	2
Miércoles	3	35	58	1
Jueves	4	30	57	1
Viernes	1	24	58	0
Total	14	151	298	4
Total	42	445	770	26
	3.27%	34.68%	60.02%	2.03%

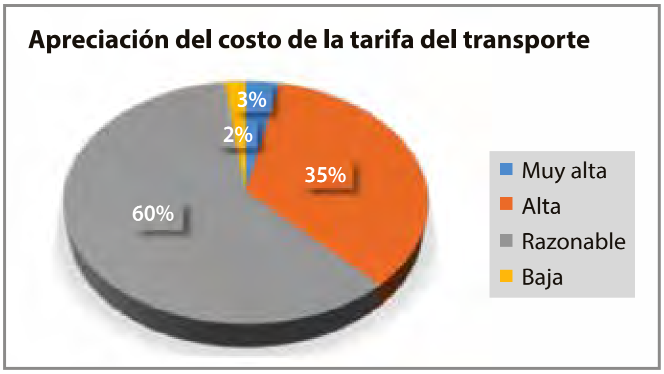


Figura 15. Apreciación del costo de la tarifa del transporte.

El 60.02% considera que la tarifa actual es razonable y el 34.68% es alta.

12. Si se le ofreciera un mejor servicio (aire acondicionado, mejor servicio, camiones en buenas condiciones) ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar?

	$11	$10	$9	$8
Ruta 1				
Lunes	2	2	26	68
Martes	2	6	20	69
Miércoles	0	5	19	73
Jueves	5	2	24	63
Viernes	1	4	9	66
Total	10	19	98	339
Ruta 9				
Lunes	1	8	3	47
Martes	3	16	4	47
Miércoles	3	12	6	48
Jueves	1	13	3	51
Viernes	1	12	10	44
Total	9	61	26	237
Ruta 18				
Lunes	0	2	23	72
Martes	1	6	11	81
Miércoles	2	9	10	76
Jueves	1	9	13	69
Viernes	0	3	18	62
Total	4	29	75	360
Total	23	109	199	936
	1.82%	8.60%	15.71%	73.88%



Figura 16. Incremento de la tarifa que el usuario estaría dispuesto a pagar por un mejor servicio.

Si se ofrece un mejor servicio en el transporte público, el 73.88% estaría dispuesto a pagar una tarifa de $8.00.

13. ¿Por qué no utiliza taxi?

	Ruta 1			Ruta 9			Ruta 10			Resumen		
	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º	1º	2º	3º
a	71	40	55	77	54	43	88	49	56	236	143	154
b	114	90	56	84	55	47	127	74	40	325	219	143
c	30	25	29	21	21	11	18	28	18	69	74	58
d	73	77	45	42	62	34	40	43	39	155	182	118
e	107	106	74	61	61	54	89	83	62	257	250	190
f	23	38	54	23	25	47	24	38	41	70	101	142
g	12	14	17	5	9	7	9	11	15	26	34	39
h	16	32	44	3	13	23	23	65	63	42	110	130
i	14	38	77	12	25	49	28	51	97	54	114	223

	Muy caro	Inseguro	No lo necesita
Ruta 1			
Lunes	83	8	7
Martes	77	6	15
Miércoles	81	6	10
Jueves	79	13	5
Viernes	64	7	11
Total	384	40	48
Ruta 9			
Lunes	69	1	0
Martes	69	1	2
Miércoles	68	2	0
Jueves	67	1	1
Viernes	62	3	5
Total	335	8	8
Ruta 18			
Lunes	85	6	8
Martes	82	3	14
Miércoles	85	6	8
Jueves	80	6	7
Viernes	74	5	5
Total	406	26	42
Total	547	42	52
	85.34%	6.55%	8.11%



Figura 17. Motivos de no viajar en taxi.

El 85.34% no utiliza el servicio de taxi porque considera que es caro.

14. Características del servicio del transporte público

	Ruta 1			Ruta 9			Ruta 3			Resumen		
	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°	1°	2°	3°
a	71	40	55	77	54	43	88	49	56	236	143	154
b	114	90	56	84	55	47	127	74	40	325	219	143
c	30	25	29	21	21	11	18	28	18	69	74	58
d	73	77	45	42	62	34	40	43	39	155	182	118
e	107	106	74	61	61	54	89	83	62	257	250	190
f	23	38	54	23	25	47	24	38	41	70	101	142
g	12	14	17	5	9	7	9	11	15	26	34	39
h	16	32	44	3	13	23	23	65	63	42	110	130
i	14	38	77	12	25	49	28	51	97	54	114	223

Se les pidió a los encuestados su opinión sobre el servicio del transporte público, considerando las siguientes opciones:

a) Mal comportamiento de los choferes
b) Mal estado físico de las unidades
c) Recorrido inadecuado de las rutas
d) Tiempos de viaje muy largos
e) Tiempos de espera muy largos
f) Tarifas altas
g) Realizar trasbordos pagando
h) Unidades a exceso de velocidad
i) Los choferes no respetan las paradas

En las características del servicio, los usuarios opinan que en primer lugar está el mal estado físico de las unidades, en segundo lugar los tiempos de espera muy largos y en tercer lugar que los choferes no respetan las paradas.

CONCLUSIONES

De los usuarios del transporte público urbano encuestados, el 36.39% utiliza la Ruta 1, el 27.14% la Ruta 9 y el 36.47% la Ruta 18; el 52.1% es del sexo masculino y el 47.9% femenino; el rango de edad es de 18 a 25 años es del 63.3%, de 26 a 35 años el 15.47%; el 58.98% de los encuestados son estudiantes y el 22.52% empleados; el 61.36% de utiliza el transporte para ir a estudiar, el 30.04% para ir a trabajar; el 33.90% considera que su viaje de traslado de ida dura 20 minutos y para el 28.23% dura 30 minutos.

El 80.4% utiliza una ruta para llegar a su destino y el 17.50% dos rutas; regularmente los encuestados utilizan el 30.2% la Ruta 1, el 20.2% la Ruta 9, el 33.1% la Ruta 18 y el resto otras rutas; el 47.67% utiliza el transporte público todos los días, el 41.84% cinco días de la semana. El 55.29% consideran que el servicio es regular y 27.60 que el servicio es bueno. El 40.75% espera en promedio de 20 minutos y el 25.82 en promedio 30 minutos. El 60.02% aprecia que la tarifa es razonable, el 47.67% utilizan el transporte todos los días de la semana y el 80.48% utilizan una sola ruta para trasladarse.

Los usuarios están dispuestos a pagar un incremento de $1.00, si se ofrece prestar un mejor servicio. El problema es que cuando se quiere incrementar la tarifa se ofrecen los servicios, los cumplen los primeros meses y después los suspenden, como es: el moderar la velocidad, el servicio de aire acondicionado el cual es muy importante en la ciudad por las altas temperaturas que se presentan de mayo a septiembre, así como el respeto a los usuarios.

Los atributos que tienen una percepción negativa de los usuarios es el mal estado físico de las unidades, los tiempos de espera muy largos y que los choferes no respetan las paradas.

Los usuarios consideran que los tiempos de espera son muy altos, es recomendable revisar los intervalos de frecuencia de paso, para incrementar el número de unidades cuando así se requiera.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Instituto Municipal de Planeación Urbana de Hermosillo, 2010.

[2] http://www.implanhermosillo.gob.mx/metro/pdf/obras2009.pdf.

[3] K. V. Krishna Rao, S. Muralidhar, y S. L. Dhingra. Public transport routing and scheduling using Genetic Algorithms. En 8th International Conference on Computer Aided Scheduling of Public Transport, Berlin, Alemania, 2000.

[4] Jiménez J., J. Álvarez Vallejo, A, de Hoyos Martínez, J. y Sánchez Arellano, L. (2010). Transporte y Movilidad en el Marco de la Sustentabilidad y Competitividad de la Ciudad Posmoderna. Redalyc

[5] Ortúzar, J., Willumsen, L. (2008). Modelos de Transporte. Santander: Universidad de Cantabria.

[6] Elena Abascal, Ildefonso Grande Esteban. Análisis de encuestas, 2005.

EL BALANCE VIDA-TRABAJO EN LAS ORGANIZACIONES DE DIFERENTES PAÍSES DEL MUNDO

The work-life balance in the organizations of different countries of the world

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Elsy Guadalupe Parada Ruiz [1]
María Del Rocío Soto Flores [2]
Daniel González Lomelí [3]

Recibido: 15 de marzo de 2015,
Aceptado: 15 de mayo de 2016

Autor de Correspondencia:
M.A. Elsy Guadalupe Parada Ruiz
Correo: eparada@industrial.uson.mx

Resumen

Los cambios sociales, demográficos y económicos en el mundo han generado nuevos desafíos para las organizaciones en su búsqueda de la productividad y competitividad. Estos cambios afectan el equilibrio de la vida personal y laboral de los colaboradores incidiendo en su desempeño organizacional. El objetivo del presente estudio fue realizar un análisis de la situación que presentan las organizaciones de diferentes países de Asia, África, Europa y América en relación al balance vida-trabajo y emitir recomendaciones que permitan a las organizaciones implementar políticas realmente efectivas que les generen beneficios en términos de productividad y desempeño.

Los resultados de la revisión permitieron concluir que existen diferencias significativas respecto del entorno cultural, económico y legal de los países analizados. Para que las intervenciones organizacionales que se implementen en la búsqueda del mejoramiento del balance vida-trabajo sean efectivas, es necesario adecuarlas al contexto general del país en el cual se pretenden implementar.

Palabras clave: balance vida-trabajo, intervenciones organizacionales, recursos humanos, contexto global.

Abstract

Social, demographic and economic changes in the world have created new challenges for organizations in their quest for productivity and competitiveness. These changes affect the balance of work and personal life for employees focusing on organizational performance. The aim of this study was to conduct an analysis of the situation presented by organizations from different countries in Asia, Africa, Europe and America in relation to work-life balance and make recommendations that enable organizations to implement truly effective policies that generate them benefits in terms of productivity and performance.

The results of the review led to the conclusion that there are significant differences in the cultural, economic and legal environment of the countries analyzed. In order to get effective organizational interventions that are implemented in the pursuit of improving work-life balance, it is necessary to adapt the general context of the country in which they intend to implement.

Keywords: *work-life balance, organizational interventions, human resources, global context.*

Estudiante del Doctorado en Ciencias Administrativas, ESCA Sto. Tomás,
Instituto Politécnico Nacional / Correo: eparada@industrial.uson.mx 1
ESCA Sto. Tomás,Instituto Politécnico Nacional / Correo: mrsoto03@yahoo.com 2
Universidad de Sonora / Correo: dgonzalez@investigacion.uson.mx 3

INTRODUCCIÓN

El balance vida-trabajo (BVT) es un tema que ha venido evolucionando en el transcurso de los años. Los cambios sociales, demográficos y económicos han generado nuevas dinámicas laborales y nuevos retos para los empleados y empleadores. Lejos de pensar que se trata de un fenómeno que debiera resolverse en el ámbito personal, tiene implicaciones significativas en las organizaciones relacionadas con la productividad, competitividad y compromiso de los colaboradores, lo que impacta directamente el ámbito económico y social de las poblaciones.

Las organizaciones en la búsqueda del cumplimiento de sus objetivos están llamadas a colaborar con sus empleados para lograr un equilibrio en sus vidas; esto lleva implícito un beneficio para el empleador que se expresa en un mayor compromiso, lealtad, productividad y satisfacción laboral. El objetivo del presente trabajo es realizar un análisis de la situación que presentan diferentes países de Asia, África, Europa y América en relación al balance vida-trabajo y proponer acciones específicas que generen beneficios para las organizaciones. Se analiza la importancia del balance vida trabajo y su impacto en las personas y las organizaciones. Las diferencias y similitudes encontradas permiten concluir que el contexto cultural, económico y legal determina la efectividad de las intervenciones organizacionales. Un análisis exhaustivo de las condiciones generales del país permitirá adecuar e implementar políticas realmente efectivas en favor de las organizaciones.

GENERALIDADES DEL BALANCE VIDA-TRABAJO

Para la mayoría de las personas el trabajo constituye uno de los intereses principales en la vida; sin embargo, cuando las demandas laborales obstaculizan otros intereses importantes, se presenta una crisis o conflicto que lleva al estrés y la presión. El trabajo interfiere con la vida personal y viceversa.

La competencia global, el consumismo, los rápidos avances de la tecnología y los cambios en las familias como institución, han incidido en el uso del tiempo, las responsabilidades familiares y las demandas en el trabajo. En la mayoría de las sociedades ha sido la mujer la más afectada por estos cambios en comparación con el hombre [1]. La sobrecarga de trabajo y los conflictos en los roles son predictores del conflicto en la vida de las personas [2]. Greenhaus y Singh [3] definen al BVT como el grado en el cual un individuo está igualmente comprometido y satisfecho con sus roles desempeñados en el trabajo y en su familia (considerando familia y vida personal como sinónimo).

En los últimos años se ha incrementado la atención del BVT en el ámbito académico, político, profesional y en la literatura popular, dada la importancia del tema. Se han estudiado las consecuencias negativas de los conflictos que surgen por la incompatibilidad de las actividades familiares y laborales, entre las que se encuentran mayores riesgos de deterioro de la salud para madres y padres que trabajan, un mal desempeño en la función parental, tensión psicológica, ansiedad, irritación frecuente, depresión, estrés laboral y diversos problemas psicosomáticos [4]. Esta situación no solo afecta a las personas sino también a las empresas; la insatisfacción con el trabajo, el menor desempeño y compromiso con la organización y mayores niveles de ausentismo y rotación, pueden ser efectos derivados de las tensiones provocadas por el desempeño simultáneo de los roles laborales y personales [5].

Los beneficios de implementar políticas amigables son numerosos: personal comprometido y motivado, menores tasas de ausentismo laboral, disminución de la tasa de rotación y por tanto, una mayor retención de empleados competentes, así como una mejora en la productividad [6]. En estudios realizados en América Latina y Europa [6] se ha concluido que no siempre hay coherencia entre las políticas de conciliación vida-trabajo demandadas por los empleados y aquellas puestas en ejecución por las organizaciones.

Los cambios en las estructuras del empleo, como el incremento del empleo a tiempo parcial, han permitido compatibilizar el trabajo y la familia, sin embargo, implica una reducción en lo referente a salarios, seguridad en el empleo y prestaciones no salariales, el desarrollo profesional y las oportunidades de formación. El aumento del empleo informal y las crisis económicas en países de África, Asia y América Latina incrementan la problemática laboral.

La tendencia a las horas de trabajo prolongadas o imprevistas y los horarios poco convencionales como los vespertinos, nocturnos o en fines de semana, en el marco de una economía globalizada en actividad permanente, así como la falta de servicios públicos para trasladarse al lugar de trabajo o la precariedad de los mismo cuando existen, en particular, en los países de bajos ingresos, también aumentan las tensiones entre la vida profesional y la familiar, afectando el bienestar y la productividad de los trabajadores [7].

Desde 2004 la Organización Internacional del Trabajo (OIT) ha realizado estudios relacionados con el tiempo de trabajo. Los países de Oriente Medio, América Latina, el Caribe, Asia y el Pacífico tienen en su mayoría, jornadas semanales superiores a las 48 horas, mientras que Europa y las economías desarrolladas tienen jornadas semanales que van de 35 a 40 horas semanales como máximo, además de un mayor número de días de vacaciones anuales pagadas [8].

La OIT considera necesario establecer un equilibrio aceptable entre las necesidades de las trabajadoras y los trabajadores, los requerimientos de las empresas y las necesidades de la comunidad. El Estado también desempeña una función fundamental en el establecimiento del marco legislativo y de políticas adecuadas, en colaboración con las organizaciones [9]. Según la OIT, existe una justificación económica de las medidas para



conciliar la vida laboral y familiar relacionada a la eficiencia generada por el uso óptimo del capital humano [7].

EL BALANCE VIDA TRABAJO EN PAÍSES DE ASIA

El análisis del BVT permite identificar los problemas por *imbalance* y proponer soluciones, sin embargo el BVT se puede obstaculizar debido a los problemas que se experimentan en países como la India relacionados con las nuevas formas de trabajar derivados de su economía en desarrollo y los aspectos de la cultura tradicional. En los países asiáticos existe conflicto entre la aceptación de la ideología y valores detrás del BVT y la propia cultura [10]. El BVT es visto como sinónimo de prácticas de género y como lucha de las mujeres en un mundo de trabajo dominado por los hombres. Dado que el BVT se percibe en el ámbito de dominio personal, las estrategias de afrontamiento también son individuales y la negociación para la reducción de la jornada es percibida como un signo de debilidad, por lo que los empleados prefieren no hablar del tema.

En Asia, la mayoría de los gerentes hablan acerca de lo bueno que son las políticas familiares, sin embargo, cuando se les pide que modifiquen sus políticas de Recursos Humanos y revelen esta información a sus empleados, muestran intereses diferentes. En la nueva economía de la India, muchos consideran que es una virtud trabajar duro y largas horas hasta el punto de renunciar a su vida personal.

La competencia es feroz y los empleados están dispuestos a trabajar como esclavos. Esto aumenta la incidencia del estrés, los divorcios y los suicidios. Cuando surgen problemas de BVT están dispuestos a sacrificar a la familia por el bienestar laboral y el progreso de sus carreras [1]. Así como en India, el BVT es también poco popular en China, un país sometido a cambios dramáticos en sus estructuras sociales y económicas, donde se otorga especial importancia a los factores que mejoran las habilidades para competir en el mundo de los negocios [11].

EL BALANCE VIDA TRABAJO EN PAÍSES DE EUROPA

La reconciliación entre el trabajo y la familia es un compromiso que ha llegado a ser crítico en las sociedades europeas para hacer frente a los rápidos cambios tecnológicos y la globalización, una población que envejece, la preocupación por el mercado laboral y el descenso de las tasas de fertilidad [12].

El conflicto vida-trabajo ha impactado potencialmente en el detrimento de la productividad personal, el decremento de la satisfacción de vida y la satisfacción en el trabajo [13], así como padecimientos relacionados con el estrés, incluido los trastornos psicológicos, ansiedad, depresión, agotamiento y abuso del alcohol [14].

Gallie y Russell, citados por McGinnity y Whelan [15], realizaron una investigación en siete países del oeste de Europa y encontraron que el impacto negativo más importante es el incremento en los niveles de presión en el trabajo. Otro estudio como el de Steiber, citado por McGinnity y Whelan [15] resalta el impacto de las demandas laborales derivado de las largas jornadas, las horas impredecibles de trabajo, el trabajo a mediodía, en la noche o el fin de semana.

De acuerdo a la encuesta de La European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions llevada a cabo en 2007, en la cual participaron 31 países europeos, un promedio de 25% de los trabajadores en la Unión Europea (UE) percibe que invierten mucho tiempo en el trabajo, el cual llega hasta el 42% en países que están por integrarse a la Fundación donde las horas trabajadas son mucho mayores.

Por otra parte, un promedio de 34% de los trabajadores de la UE consideran que invierten muy poco tiempo a su familia. Además, el 36% de trabajadores en la UE piensan que no tienen suficiente tiempo para actividades sociales y el 51% estima que no invierte suficiente tiempo en pasatiempos y otras actividades de su interés. En Europa, uno de los principales temas relacionados con el BVT además del estrés, es el relacionado con la sostenibilidad social del trabajo, derivado de la disminución de las tasas de fecundidad de la población [10], así como la problemática por el cuidado de la población adulta mayor.

EL BALANCE VIDA TRABAJO EN PAÍSES DE HABLA HISPANA

En América Latina las políticas dirigidas a las familias carecen de una definición específica, de un campo bien delimitado y de una legislación que la respalde [6]. Más que políticas en beneficio de las familias, existen intervenciones dispersas y no coordinadas [16].

En un estudio realizado a 1,000 compañías españolas y 1,155 latinoamericanas (de Brasil, Chile, Colombia, Perú y El Salvador) de tamaño grande, mediano y pequeño [17] se encontró una diferencia favorable en España relativa a la presencia de políticas que ayudan al BVT, en especial en el caso de los horarios flexibles y el trabajo de tiempo parcial.

Con respecto a la sensibilidad que muestran los directivos hacia las políticas de BVT, los resultados denotan un mayor interés en los países latinoamericanos (73.3%) que en España (61%) sin embargo, los directivos de España están haciendo una mejor labor que los países latinoamericanos en el proceso de trasladar sus preocupaciones por los empleados en acciones concretas en la compañía [17]. Los directivos de las pequeñas y medianas empresas hispanas parecen estar más preocupados por las necesidades de sus empleados que las grandes empresas, sin embargo falta incluir estos temas en sus agendas de trabajo.

EL BALANCE VIDA TRABAJO EN PAÍSES DE ÁFRICA

En un estudio cualitativo realizado en Nigeria [18] se encontró que la percepción de las personas con respecto a las prácticas de BVT, están relacionadas en su mayoría con el factor *macro-ambiental* del país, como son los aspectos políticos, económicos y retos sociales que se enfrentan. En el estudio los empleados coincidieron en que la corrupción es un gran problema que enfrenta la población.

Los empleados entrevistados expresaron que los fondos asignados en la agenda gubernamental para las iniciativas relacionadas con la promoción del BVT como los apoyos sociales, las facilidades para cuidado de menores, permisos y subsidios eran la mayor parte de las veces malversados en los sectores públicos y privados. De igual forma los empleados expresaron su descontento con la pobre infraestructura social derivada del mal liderazgo de sus gobernantes. La falta de agua potable, casas, suministro de electricidad, buenas carreteras y sistemas de transportes son la generalidad. Las autopistas en pésimas condiciones y la falta de semáforos dificultan los traslados a las organizaciones generando embotellamientos, pérdida de tiempo y estrés en los empleados.

Bajo estas condiciones sociales, no es posible lograr un BVT [18], [19]. Otro factor importante que derivó del estudio es la sobrecarga de los roles, la cual es la principal causa de falta de BVT en las mujeres de Nigeria. Las diferencias de género relativas a los derechos laborales también son significativas [20]. Además, de acuerdo a lo expresado por los empleados entrevistados, el conflicto es parte de sus vidas debido a que los empleadores tienen la mentalidad de que el conflicto vida-trabajo es un problema personal de los empleados, sin embargo se muestran satisfechos con recibir al menos lo indispensable para vivir, por lo que se ha desarrollado una resistencia personal psicológica y física a la problemática.

CONCLUSIONES

Se encontró que el aspecto cultural es de gran importancia en la implementación de prácticas amigables en las organizaciones; mientras los empleados en Europa y América dicen tener necesidad de mejorar su BVT, en Asia hay resistencia a tomar las prácticas que existen debido al temor de que sea considerado como un aspecto laboral negativo. En África los aspectos culturales están sumamente arraigados y se afronta el conflicto de una manera personal.

Los horarios de trabajo flexible y reducidas como parte de las medidas básicas en la búsqueda del BVT son poco utilizados en países de Asia y África y poco fomentados por las organizaciones, mientras que en Europa se presentan condiciones laborales aceptables y beneficios mayores, con un creciente interés por parte de las organizaciones. En América no existe una formalización de las medidas y éstas se implementan de manera informal y desorganizada, lo que puede afectar el desempeño laboral y el contexto familiar.

Las políticas públicas en países de Europa han reconocido la importancia del BVT tratando de mejorar las condiciones legales, de infraestructura, seguridad laboral e inversión en beneficio de los trabajadores, lo mismo sucede en todos los países desarrollados, situación poco favorecida en los países de África, América y Asia, donde existe poco interés por parte de las autoridades en establecer un marco referencial legal a partir del cual se fomente el BVT.

La implementación de medidas por parte de las organizaciones en la búsqueda del BVT de sus

colaboradores y su respectivo beneficio para las empresas deberá estar precedido de un análisis exhaustivo de las condiciones económicas de la sociedad en términos de infraestructura y servicios además de una revisión de la situación legal laboral que permita fomentar los beneficios que se tienen establecidos y proponer iniciativas acordes a la realidad actual. La herencia cultural es un predictor del comportamiento de los empleados. Si bien es cierto que los aspectos culturales están sumamente arraigados en las personas, el apoyo y orientación puede llevar a una reflexión que genere un cambio paulatino en las conductas.

Es fundamental la promoción del BVT en las organizaciones independientemente del país, región, contexto general y tipo de organización. Como se visualiza en la figura 1, las políticas y prácticas organizacionales deberán estar siempre encaminadas a fomentar dicho balance. Las organizaciones no son un ente aislado de la sociedad, se encuentran ubicadas en un contexto económico, legal y cultural específico y su reconocimiento es fundamental para la implementación de políticas acorde a las necesidades de los trabajadores. Es por ello que las organizaciones deben implementar políticas y programas encaminados a mejorar el BVT considerando la interrelación de los contextos que le afectan.



Figura 1. Las políticas y prácticas organizacionales dirigidas al fomento del balance vida-trabajo y sus contextos.

BIBLIOGRAFÍA

[1] V. Chandra, "Work–life balance: eastern and western perspectives", *The International Journal of Human Resource Management*, vol.23, no.5, pp.1040–1056, March 2012.

[2] D. S. Carlson and K. M. Kacmar, "Work-Family Conflict in the Organization: Do life role values make a difference?", *Journal of Management*, vol.26, no.5, pp.1031-1054, 2000.

[3] J. H. Greenhaus and L. Singh "Work-Family Linkages, A Sloan Work and Family Encyclopedia Entry", Chestnut Hill, MA: Boston College, February 2003.

[4] M. R. Frone, M. Russell and M. Lynne, "Antecedents and outcomes of work-family conflict: testing a model of a work-family interface", *Journal of Applied Psychology*, vol.77, no.1, pp.75-78, 1992.

[5] J. H. Greenhaus and N. J. Beutell, "Sources of Conflict Between Work and Family Roles", *Academy of Management Review*, vol.10, no.1, pp.76-88, 1985.

[6] CEPAL, "Familias y políticas públicas en América Latina: una historia de desencuentros", Santiago de Chile. Publicación de las Naciones U nidas, 2007.

[7] OIT, "Conciliación del trabajo y la vida familiar", 312ª. Reunión, Ginebra, Suiza, 2011.

[8] OIT, "El tiemo de trabajo en el siglo XXI", Ginebra, Suiza, 2011.

[9] OCDE, "Doing better for families," OECD Publishing. Consultado en: http://dx.doi.org/10.1787/9789264098732-en.

[10] S. Lewis, R. Gambles and R. Rapoport, "The constraints of a work-life balance approach:an international perspective", *International Journal of Human Resource Management*, vol.18, no.3, pp.360-373, March 2007.

[11] K. Chan and T. Wyatt, "Quality of Work Life: A Study of Employees in Shanghai, China", *Asia Pacific Business Review*, vol.13, no.4, pp.501-517, 2007.

[12] OCDE, "Balancing Work and Family Life: helping parents into paid employment", OECD Employment Outlook, 2001.

[13] J.C. Gornick and M.K. Meyers, "Families that work-Policies for reconciling parenthood and employment", New York: Russell Sage Foundation, 2003.

[14] T. D. Allen, D. E. L. Herst, C.S. Bruck and M. Sutton, "Consequences associated with work-to-family conflict: A review and agenda for future research", *Journal of Occupational Health Psychology*, vol.5, no. 2, pp.278-308, 2000.

[15] F. McGinnity and C. Whelan, "Comparing Work-Life Conflict in Europe: Evidence from the European Social Survey", *Social Indicators Research*, vol.93, pp.433-444, 2009.

[16] I. Arriagada, "Familias latinoamericanas. Diagnóstico y políticas públicas en los inicios del nuevo siglo", seire Políticas Sociales, vol.57 (LC/L.1652-P), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Publicación de las Naciones Unidas, 2001.

[17] S. Idrovo, C. León and M. Grau, "Comparing work-life balance in Spanish and Latin-American countries", *European Journal of Training and Development*, vol.36, no.2, pp.286-307, December 2011.

[18] B. Akanji, "Realities of work life balance in Nigeria: perceptions of role confict and coping beliefs", *Business, Management and Education*, vol.10, no.2, pp.248-263, December 2012.

[19] T. D. Allen, "Family-Supportive Work Environments: The Role of Organizational Perceptions", *Journal of Vocational Behavior*, no.58, pp.414-435, 2001.

[20] L. T. Eby, W. J. Casper, A. Lockwood, C. Bordeaux and A. Brinley, "Work and family research in IO/OB: Content analysis and review of the literature (1980-2002)", *Journal of Vocational Behavior*, vol. 66, pp.124-197, February 2004.

EL DECENIO DE LA EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE EN LA UNIVERSIDAD DE SONORA

The decade of education for sustainable development at the university of sonora

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Marco Alberto a la Torre Islas [1]
Andrea Zavala Reyna [2]
Juana Alvarado Ibarra [3]
Luis Eduardo Velázquez Contreras [4]

Recibido: 15 de marzo de 2015,
Aceptado: 22 de febrero de 2016

Autor de Correspondencia:
Dra. Andrea Zavala Reyna
Correo: azavala@industrial.uson.mx

Resumen

El presente escrito muestra los resultados obtenidos con el cálculo de indicadores para conocer la contribución que ha tenido la Universidad de Sonora, Unidad Centro, a la Educación para la Sustentabilidad, de acuerdo con los principios del Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible, establecido por la UNESCO del 2005-2014. Destaca el hecho de que 100% de los programas de la Universidad de Sonora asumen el compromiso de incorporar la perspectiva ambiental y de sustentabilidad al quehacer de la universidad como una política institucional; así como que el 33.33% de las divisiones operan bajo un sistema de gestión ambiental, entre otros importantes indicadores.

Palabras clave: Decenio de la educación, Universidad de Sonora, indicadores para la educación, desarrollo sustentable.

Abstract

This paper presents the results obtained with the calculation of indicators to understand the contribution that has had the University of Sonora, unit center, to the Education for Sustainability in accordance with the principles of The UN Decade of Education for Sustainable Development (DESDE 2005-2014), established by UNESCO, highlights the fact that 100% of the programs of the University of Sonora incorporate environmental sustainability perspective to the work of the university as an institutional policy; and the 33.33% of the divisions operate under a system of environmental management, among other important indicators.

Keywords: *Decade of education, University of Sonora, indicators for education, sustainable development.*

1 Posgrado en Sustentabilidad, Universidad de Sonora / Correo: beto180588@hotmail.com
2 Depto. de Químico-Biólogo, Universidad de Sonora / Correo: azavala@industrial.uson.mx
3 Depto. de Polímeros y Materiales, Universidad de Sonora / Correo: jalvarado@polimeros.uson.mx
4 Posgrado de Sustentabilidad, Universidad de Sonora / Correo: Luis_Velazquez@industrial.uson.mx

INTRODUCCIÓN

La Asamblea General de las Naciones Unidas crea el llamado Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible 2005-2014 [1], como una herramienta para afrontar el deterioro ambiental que ha puesto la existencia de los seres vivos en crisis, al afectar asentamientos humanos, territorios deshabitados y espacio exterior [2]; incluye la visión de un mundo donde todos tengan la oportunidad de beneficiarse de la educación y aprender los valores, comportamientos y estilos de vida necesarios para un futuro sustentable y para la transformación positiva de la sociedad [3], basados principalmente en el concepto de Educación para el Desarrollo Sustentable (EDS), el cual puede ser definido como una combinación de los principios existentes y aún por identificar de conocimientos, habilidades, perspectivas y valores que se organizan en torno a los conceptos y temas de sustentabilidad [4].

En este sentido, el país cuenta con el Consejo Nacional de Educación Ambiental para la Sustentabilidad, que es un órgano que fomenta el Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible 2005-2014, a través de la Estrategia de Educación Ambiental para la Sustentabilidad en México [5]; dicha estrategia argumenta que la educación y formación de recursos humanos para la EDS es uno de los principales asuntos estratégicos que inciden en todas las modalidades de educación y comunicación ambientales, por lo que establece entre otras acciones cruciales la reestructuración de la currícula de las instituciones de educación superior que requieran competencias profesionales en EDS [6].

Considerando lo anterior, la EDS debe ser incluida en un número mayor de áreas disciplinares y en todos los niveles de la enseñanza [7], donde las instituciones de educación superior deben ser el principal agente de cambio que proporcione respuestas a los problemas y a los retos de la sociedad actual [8], ya que su mayor compromiso es preparar a las nuevas generaciones en el conocimiento de saberes universales, vinculados a los conocimientos étnicos y culturales propios de las regiones del país [9].

Ante los problemas ambientales, sociales y económicos que tenemos en la actualidad surge la necesidad dentro de las Instituciones de Educación Superior (IES) de comprometerse con la difusión e implementación de acciones que promuevan la cultura de la sustentabilidad dentro de sus campus universitarios, lo cual permita formar egresados que contribuyan a crear estilos de vida más sustentables con la sociedad. La Universidad de Sonora, no está exenta de este compromiso, por lo que ha realizado acciones encaminadas a prevenir, reducir y/o eliminar los riesgos ambientales y ocupacionales generados por sus actividades sustantivas y administrativas. El presente documento muestra los resultados obtenidos de un diagnóstico que se hizo a través de indicadores que midieron la contribución al desarrollo sustentable en la Universidad de Sonora.

METODOLOGÍA

El presente trabajo posee un enfoque cuantitativo, ya que se generó información numérica con el uso de los indicadores para medir la contribución de la Universidad de Sonora en el tránsito hacía la sustentabilidad, según los principios del Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible de la UNESCO.

Para la realización del diagnóstico fue necesario estimar indicadores que midieran la contribución al desarrollo sustentable en la Universidad de Sonora (UNISON); dichos indicadores se calcularon a través de la adecuación de varios de ellos para medir la contribución de las Instituciones de Educación Superior a la Sustentabilidad, establecidos por el Consorcio Mexicano de Programas Ambientales Universitarios para el Desarrollo Sustentable (COMPLEXUS) y apegados a lo establecido por el Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible. La investigación se desarrolló en la unidad centro de la UNISON, la cual se encuentra localizada en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos por cada uno de los indicadores que muestran la contribución a la sustentabilidad de la Universidad de Sonora. En la figura 1 se pueden ver los resultados para el indicador 1: Incorporación de la perspectiva ambiental y de sustentabilidad al quehacer de la universidad como una política institucional.

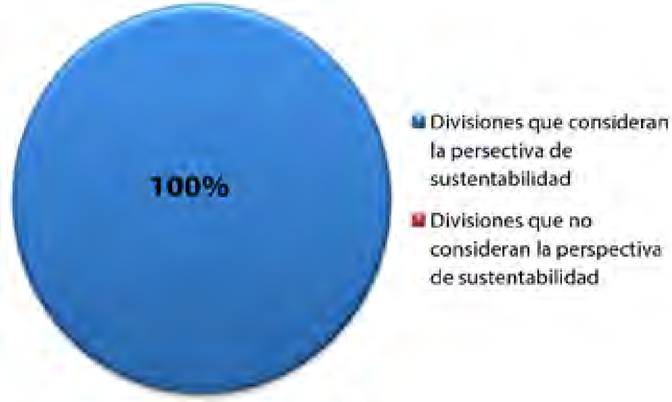


Figura 1. Incorporación de la perspectiva ambiental y de sustentabilidad.

Según la política de sustentabilidad, la Universidad de Sonora asume plenamente los compromisos que rigen el Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible [10].

Para el cálculo del indicador, se consideraron el número de Divisiones Académicas de la UNISON que consideran los principios de la sustentabilidad. Se tienen 6 Divisiones académicas y se encontró que el 100% de las divisiones consideran la perspectiva ambiental y de sustentabilidad como una política institucional.

La figura 2 muestra los números obtenidos para el indicador 2: Sistemas de gestión ambiental implementados en la institución.



Figura 2. Sistemas de gestión ambiental implementados en la institución.

Recientemente la Universidad de Sonora, unidad centro, obtuvo la re-certificación y certificación de las divisiones de Ingeniería y de Ciencias Biológicas y de la Salud, respectivamente [11] bajo el esquema ambiental ISO 14001:2004. Para el cálculo del indicador, se dividió el número de divisiones académicas de la UNISON, Unidad Centro que se encuentran certificadas bajo el estándar internacional ISO 14001:2004 entre el total de divisiones, y posteriormente se multiplicó por 100, obteniéndose que el 33.33% de ellas se encuentra acreditada por un Sistema de gestión ambiental.

La figura 3 muestra los resultados obtenidos en el indicador 3: Perspectiva de género en los diferentes niveles organizacionales de las IES y equidad de género en puestos de toma de decisiones.

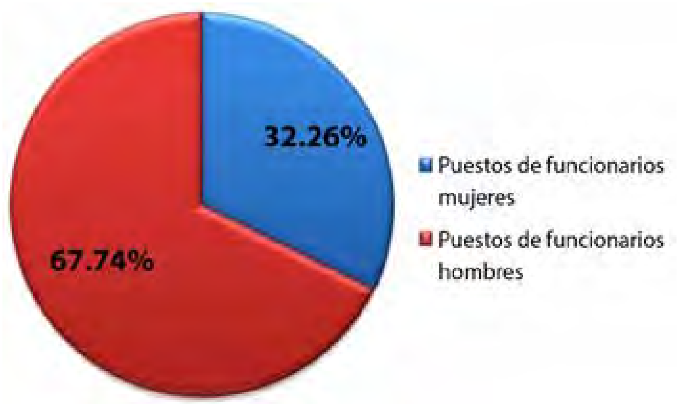


Figura 3. Perspectiva de género.

Con base en el directorio de funcionarios de la Universidad de Sonora, la Unidad Centro tiene en total 62 puestos de toma de decisiones importantes, de los cuales 20 son del sexo femenino [12]. Para el cálculo del indicador, se dividieron el número de puestos de toma de decisiones ocupados por mujeres entre el número total de espacios organizacionales de toma decisiones y se multiplicó por 100, obteniéndose que el 32.26% de los puestos funcionarios en la Universidad de Sonora de la unidad centro son ocupados por mujeres.

En la figura 4 se observan los resultados correspondientes al indicador 4: Planes de estudio de nivel licenciatura que han incorporado la perspectiva ambiental y de sustentabilidad.



Figura 4. Planes de estudio con cursos relacionados al Desarrollo sustentable.

Actualmente la Universidad de Sonora en la unidad centro ofrece en total 45 licenciaturas, de las cuales 23 incluyen en sus planes de estudio alguna materia relacionada con el medio ambiente y el desarrollo sustentable [13]. Lo cual, según el indicador, el 51.11% de las licenciaturas ofertadas en la Unidad Centro de la UNISON cuenta con algún curso relacionado con dicho indicador.

Los resultados correspondientes al indicador 5: Planes de estudio de nivel licenciatura bajo el enfoque de competencias profesionales, se muestran en la figura 5.

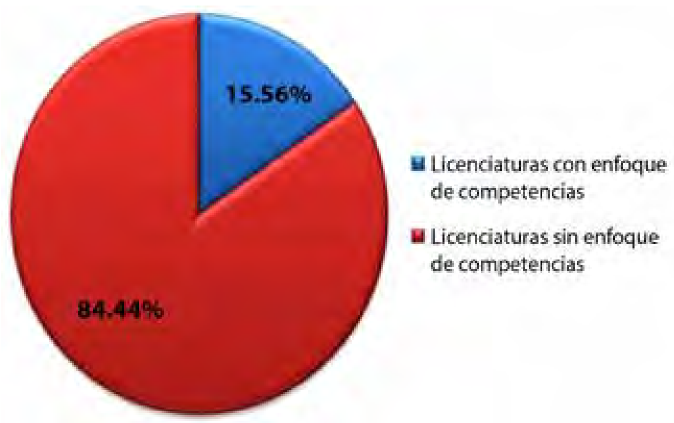


Figura 5. Licenciaturas bajo el enfoque de competencias.

Según la Dirección de Innovación Educativa de la Universidad de Sonora, de las 45 licenciaturas que se



ofrecen en el campus centro, 9 están estructuradas bajo el enfoque de competencias [14]. Para el cálculo del indicador, se dividieron el número de planes de estudio de nivel licenciatura que sean reconocidos por la UNISON bajo el enfoque de competencias entre el total de planes de estudio de nivel licenciatura y se multiplicó por 100. El 15.56% de las licenciaturas ofertadas en la Unidad Centro de la UNISON se encuentran estructuradas bajo el enfoque de competencias.

La figura 6 muestra los resultados para el indicador 6: Proyectos de servicio social en medio ambiente y sustentabilidad.



Figura 6. Proyectos de servicio social con enfoque de medio ambiente y sustentabilidad.

Según la Dirección de Servicios Estudiantiles de la Universidad de Sonora, el campus centro aprobó en el periodo enero – mayo del 2014 un total de 468 proyectos de servicio social, de los cuales 36 estaban relacionados con el desarrollo sustentable y medio ambiente [15]. Por lo que, realizando el cálculo de número de proyectos de servicio social relacionados en temas ambientales y de sustentabilidad entre el total de proyectos de servicio social y multiplicado por 100, da que un 7.69% de los proyectos de servicio social universitarios aprobados por la Universidad de Sonora, Unidad Centro en el ciclo 2014-1 se encuentran relacionados con el indicador.

Por último, la figura 7 nos permite visualizar los resultados del indicador 7: Prestación de servicios profesionales en cuidado del medio ambiente y desarrollo sustentable.



Figura 7. Prestación de servicios profesionales en cuidado del medio ambiente y desarrollo sustentable.

Según la Dirección de Vinculación y Difusión de la Universidad de Sonora, dentro de su Catálogo de Servicios Profesionales para la Productividad se cuenta con un total de 112 servicios profesionales, de los cuales 12 se encuentran directamente relacionados con el cuidado del ambiente y desarrollo sustentable [16]. Por lo que, realizando el cálculo del indicador, como el número de servicios orientados al cuidado del medio ambiente y desarrollo sustentable del Catálogo de Servicios Profesionales de la UNISON entre el total de servicios ofrecidos multiplicado por 100, se obtuvo que el 10.71% de los Servicios Profesionales de la Dirección de Vinculación y Difusión de la UNISON se encuentra relacionado con el cuidado del medio ambiente.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la evaluación de los indicadores para medir la contribución para la sustentabilidad en la UNISON, muestran el interés de la institución para aportar en el campo de la sustentabilidad. Destaca el hecho de que el 100% de las divisiones académicas que la conforman incorporan la perspectiva ambiental y de sustentabilidad al quehacer de la universidad como una política institucional, contribuyendo así con la mejora de la comunidad, la sociedad en su conjunto, el medio ambiente y el entorno en el cual se encuentra inmersa [17].

En lo que respecta a la perspectiva de género, es necesario que las instituciones de educación superior realicen la implantación de análisis institucionales serios con perspectiva de género y la puesta en práctica de una serie de estrategias para buscar una verdadera cultura

de género que asegure una igualdad de oportunidades en el ámbito académico para mujeres y hombres [18]; considerando lo anterior, la UNISON se encuentra implementando el Programa Integral sobre Perspectiva de Género en la Universidad de Sonora [19], cuyos resultados han permitido que la institución cuente con un 32.26% de puestos funcionarios en la toma de decisiones representado por el sexo femenino; logrando así ir avanzando hacia una cultura de igualdad y respeto hacia la diversidad.

En cuanto al panorama educativo, se considera que la Universidad de Sonora es una institución comprometida con la enseñanza y difusión del desarrollo sustentable, ya que el 51.11% de su oferta educativa de licenciatura cuenta con materias relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo sustentable; sin embargo, impacta el hecho de que solamente el 15.56% de los planes de estudio de nivel licenciatura se encuentren reconocidos por la institución bajo el enfoque de competencias, hecho que contrasta con lo establecido por el Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible [1], donde se establece que la educación debe impartirse bajo este enfoque.

CONCLUSIONES

La Universidad de Sonora ha asumido su compromiso por cumplir con los lineamientos del Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible, tal y como lo demuestran los indicadores que fueron evaluados dentro de este estudio; sin embargo, existen áreas de oportunidad donde la institución pudiera mejorar su desempeño, tales como el aumentar el número de proyectos de servicio social relacionados con el desarrollo sustentable, permitiendo así el aumentar su contribución de acuerdo con lo establecido con el Decenio mencionado.

BIBLIOGRAFÍA

[1] UNESCO (2007). The UN Decade of Education for Sustainable Development (DESD 2005-2014), The first two years. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001540/154093e.pdf> [Fecha de consulta 21 de Junio del 2013].

[2] Hernández, M.A., 1999. *El cuidado del medio ambiental: análisis, reseñas, propuestas, crónicas, tesis, concepciones y paradigmas.* [e-book] Edo de México: Universidad Autónoma del Estado de Mexico. Disponible en: Google Books http://books.google.es/books?id=tKzInQxHOPAC&pg=PA34&dq=problemas+ambientales&hl=es&sa=X&ei=rXboUbTMGYLc9AT66YGoCg&ved=0CEQQ6AEwAzgK#v=onepage&q=problemas%20ambientales&f=false [Fecha de consulta 21 de Junio del 2013].

[3] Bory-Adams, A., 2006. UNESCO›s role, vision and challenges for the UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014). UNESCO International Science, Technology & Environmental Education Newsletter, 31, 1-5.

[4] Hopkins, C., y McKeown, R. 2002, "Education for sustainable development: an international perspective" [online], En: Tilbury, D., Stevenson, R., Fien, J., Schreuder, D. Education and sustainability responding to the global challenge, IUCN Publications Services Unit. Disponible en: http://ibcperu.org/doc/isis/13028.pdf [Fecha de consulta 23 de Noviembre del 2013]

[5] SEMARNAT, s.f. Consejo Nacional de Educación Ambiental para la Sustentabilidad, [online] Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/educacionambiental/cneas/Paginas/comoseformo.aspx [Fecha de consulta 3 de Julio del 2013]

[6] SEMARNAT, 2006. Estrategia de educación ambiental para la sustentabilidad en México (Versión ejecutiva, 2006-2014) [online] Disponible en: http://www.semarnat.gob.mx/educacionambiental/cneas/Documents/Estrategia%20de%20Educación%20Ambiental%20para%20la%20Sustentabilidad%20-%20SEMARNAT%202006%20versión%20ejecutiva.pdf [Fecha de consulta 3 de Julio del 2013]

[7] Filho, W.L., 2009. La educación para la sostenibilidad: iniciativas internacionales, Revista Educación. [pdf] Disponible en: http://www.revistaeducacion.mec.es/re2009/re2009_12.pdf [Fecha de consulta 16 de Diciembre del 2013]

[8] Gutiérrez, J., Benayas, J., Calvo, S., 2006. Educación para el desarrollo sostenible: Evaluación de retos y oportunidades del decenio 2005-20014, Revista Iberoamericana de Educación. Disponible en: http://www.rieoei.org/rie40a01.pdf [Fecha de consulta 18 de Diciembre del 2013]

[9] Garza, G.R, Medina, T.J.G., 2010. La Sustentabilidad en las Instituciones de Educación Superior: Una Visión Holística. Monterrey: LA&GO Ediciones.

[10] UNISON, 2012b. Política de sustentabilidad. Disponible en http://www.sustentabilidad.uson.mx/politicadesustentabilidad.html [Fecha de acceso 24 de Marzo del 2014]

[11] UNISON, 2014a. Otorgan el ISO 14001:2014 a Unison por acciones del Plan institucional de Desarrollo Sustentable. Disponible en http://www.uson.mx/noticias/default.php?id=16995 [Fecha de acceso 10 de Julio del 2014]

[12] [1] UNISON, 2011a. Directorio de funcionarios. Disponible en http://www.uson.mx/institucional/directorio/ [Fecha de acceso 24 de Mayo del 2014]

[13] UNISON, 2011b. Oferta educativa programas académicos. Disponible en http://www.uson.mx/oferta_educativa/default.htm [Fecha de acceso 25 de Mayo del 2014]

[14] UNISON, 2013a. Dirección de innovación educativa. Disponible en http://www.innovacion.uson.mx/ [Fecha de acceso 16 de Marzo del 2014]

[15] UNISON, 2014b. Servicio social universitario. Disponible en http://www.serviciosocial.uson.mx/ [Fecha de acceso 13 de Marzo del 2014]

[16] UNISON, 2014c. Catalogo universitario de servicios profesionales. Disponible en <http://www.vinculacionydifusion.uson.mx/serviciosprofesionales2014/index.HTML#/4/ [Fecha de acceso 16 de Mayo del 2014]

[17] Consorcio Mexicano de Programas Ambientales Universitarios para el Desarrollo Sustentable (COMPLEXUS), 2013. Indicadores para medir la contribución de las instituciones de educación superior a la sustentabilidad. [e-book] México: Universidad de Guanajuato. Acceso a través de: Academia Nacional de Educación Ambiental. Disponible en: http://anea.org.mx/ [Fecha de consulta 15 de Marzo del 2014]

[18] Verea, P., 2004. La política de género den la educación superior [pdf] Disponible en: http://148.202.18.157/sitios/publicacionesite/pperiod/laventan/Ventana21/7-43.pdf [Fecha de consulta 5 de Septiembre del 2014]

[19] UNISON, 2012c. Impulsan Unison y CEDH Programa Integral sobre Perspectiva de Género, [online] Disponible en: http://www.uson.mx/noticias/default.php?id=12914 [Fecha de consulta 8 de Septiembre del 2014].

ATRIBUTOS DEL PROBLEMA DINÁMICO DE CONTROL OPERACIONAL DE AGVs EN LA DISTRIBUCIÓN DE MATERIALES

Attributes of the dynamic problem of operational control of agvs in the distribution of materials

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)
ISSN: 2007-4530 (impresa)

Isidro Ramos Torres [1]
Luis Felipe Romero Dessens [2]
José Luis Martínez Flores [3]
Elías Olivares Benítez [4]
René Rogelio Durand Villalobos [5]

Recibido: 21 de agosto de 2015,
Aceptado: 22 de febrero de 2016

Autor de Correspondencia:
M. C. Isidro Ramos Torres
Correo: Isidro.Ramos@industrial.uson.mx

Resumen

En este trabajo se estudian los atributos del problema dinámico del control operacional de AGVs. Se discuten las implicaciones del uso de la información on-line como el principal elemento del carácter dinámico de los problemas. Seutiliza la taxonomía de Psaraftis para identificar los atributos (evolución, calidad, disponibiliad, y procesamiento) de la información utilizada. Se obtuvieron resultados parciales sobre las tendencias de los estudios dinámicos y sus características.

Palabras clave: Distribución de materiales, control operacional, AGV, información tiempo-real.

Abstract

This work explores the attributes of the dynamic problem of operational control of AGVs. Implications of use of the information on-line as the main element of the dynamic nature of the problems are discussed. The Psaraftis taxonomy is used to identify the attributes (evolution, quality, availability, and processing of information) in the solution on problems of operational control of AGV. Partial results on trends in dynamic studies and their characteristics were obtained.

Key words: *Material distribution, operational control, AGV, on-line Information.*

Depto. de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora / Correo: isidro.ramos@industrial.uson.mx 1
Depto. de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora / Correo: lromero@industrial.uson.mx 2
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla / Correo: joseluis.martinez01@upaep.mx 3
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla / Correo: elias.olivares@upaep.mx 4
Depto. de Ingeniería Industrial, Universidad de Sonora / Correo: rdurand@industrial.uson.mx 5

INTRODUCCIÓN

La distribución de materiales (MD, por sus siglas en inglés) es una de la actividades del manejo de materiales que implica mover el material correcto al lugar correcto, en la cantidad necesaria, en secuencia y correcta posición o condición para minimizar los costos de producción [1] [2]. La satisfacción de las funciones de la MD se logra resolviendo los problemas relacionados al Diseño y Control de Sistemas de AGVs [3].

En ambientes de manufactura, el problema de la MD plantea la necesidad de involucrar múltiples vehículos, en este caso Vehículos Automáticos Guiados (AGVs), determinar y administrar rutas, resolver problemas de conflictos de tráfico, determinar la magnitud de la carga y el número de viajes de los AGVs, ubicar puntos de carga y descarga (P/D, por sus siglas en inglés), puntos reposo de AGVs, diseño de rutas mediante particiones (tándem o zonas), y diseño de topologías (circuitos o mallas) unidireccionales o bidireccionales, entre otros [3].

Se han desarrollado una gran cantidad de planteamientos y propuestas metodológicas de solución para los diferentes problemas desde los años 1950´s desde una perspectiva estática y posteriormente a través de una perspectiva dinámica con la colaboración de las tecnologías de información desarrolladas y difundidas en los ámbitos industriales. Esta posibilidad cada vez más pronta y eficiente de obtener y procesar la información (on-line) propicia que dicha información pueda ser utilizada con inmediatez en la toma de decisiones.

El presente trabajo tiene como objetivo identificar los aspectos dinámicos/estáticos en los problemas de control (asignación, programación y ruteo) de AGVs en MD, abordados en la literatura en ambientes de manufactura.

La taxonomía de Psaraftis [4] es utilizada para caracterizar la información como fuente principal de la dinámica en el enfoque del planteamiento. Se eligieron 10 artículos publicados entre el 2012 al 2014, de los cuales se extrajeron los atributos de la información, el enfoque y la metodología de solución al problema planteado.

ANTECEDENTES

La información: fuente de la dinámica

La dinámica en los problemas de programación y ruteo de vehículos de transporte ha sido caracterizada por Psaraftis, como un escenario favorecido por los adelantos tecnológicos en comunicación y procesamiento de datos, aunado a las tendencias de eficiencia en la logística de distribucion de productos y materias primas en la creciente apertura de los mercados. Las tecnologías implicadas en esta evolucion de la logística de distribucion, se atribuyen inicialmente al Intercambio Electrónico de Datos, Sistema de Posicionamiento Global, Sistema de Información Geográfica, y Vehículos Inteligentes (AGV). Estas tecnologías permiten la operación y control en tiempo real (on-line) del sistema, la reducción de costos, la integración de componentes tecnológios y rapidez en el procesamiento de la información [4]. Psaraftis establece que un problema es denominado dinámico, "*si la información para la determinación de una ruta requiere actualización a través del tiempo*" [4].

Qué son los AGVs

Los vehículos automáticos guiados (AGV, pos sus siglas en ingles), son vehículos controlados por computadora con capacidad de carga. Estos vehículos son energizados por baterías y transportan material sin necesidad de un operador. Se tienen definidos caminos (rutas-guía) o áreas dentro de o sobre los cuales pueden transitar. Este movimiento dirigido se logra por uno o varios medios, siguiendo una trayectoria definida, guiado por cables enterrados inductivos, bandas magnéticas u ópticas, o alternativamente a modo de guía inercial o láser.

Los AGVs pueden tener diferentes denominaciones como: Automatic Guided Carts (AGCs), Robot móviles o Lift trucks híbridos [5].

Problemas del control opeacional de AGVs

El control operacional mantiene como principal objetivo satisfacer la demanda de materiales tan rápido como sea posible sin la ocurrencia de conflictos entre AGVs. Las actividades básicas para la operación y control del sistema de distribución son: a) Asignación de tareas de transporte (dispatching), b) Selección de ruta (routing), y c) Programación y secuenciación de AGVs (schedulling).

El problema de control operacional en sistemas de distribución con AGVs afronta el mismo escenario que el problema del agente viajero múltiple (mTSP) ó problema de ruteo de vehículos (VRP); sin embargo, la operación de los vehículos en espacios pequeños (comparado al problema mTSP ó VRP) como centros de trabajos (floor shop), bodegas de almacenamiento o terminales de contenedores, presenta otras situaciones que tienen impacto en el desempeño del sistema de distribución y deben ser consideradas, tales problemas son: a) El espacio dispuesto para el tránsito de los AGVs (maniobra carga y descarga), b) La posibilidad de congestionamiento de rutas, colisiones, c) La distancia y tiempo pueden no tener correspondencia y se requiere el trazado de rutas [6], y d) Aspectos de funcionamiento y control (programacion) de las unidades de AGV, entre otras. Los problemas a resolver derivados de las consideraciones anteriores, son múltiples, podemos mencionar algunos problemas integrados a los problemas básicos de asignación, programación y ruteo de AGVs; estos enfoques pueden dirigirse a:

❖ Establecer mecanismos para evitar o reducir las sobrecargas de rutas, bloqueos y/o colisiones con otros AGVs.

❖ Administrar la distribución de planta, estableciendo de manera fija o dinámica localidades como: rutas-guía mediante formación de tándem, zonas independientes, circuitos, y mallas, entre otras topologías.

❖ Ubicación de lugares de espera de AGVs (I/D, por sus siglas en inglés), ubicación de puntos de carga y/o descarga (P/D), así como ubicación de lugares de almacenamiento de materiales (WIP) y sus capacidades.

❖ Identificar métricas apropiadas que representen eficazmente el desempeño de los sistemas.

EL EFECTO DE LA INFORMACIÓN SOBRE EL CONTROL OPERACIONAL

La disposición de la información para tomar decisiones en la operación de AGVs, es determinante en la naturaleza del control ejercido sobre dichas actividades. Cuando se conocen previamente el origen, destino, tiempo de ejecución y tiempo de transporte de una tarea de distribución, es posible establecer control estático (off-line). En otro caso, debido a la naturaleza estocástica de los procesos de transporte es necesario establecer sistemas de control capaces de facilitar decisiones en tiempo real (on-line). El control on-line puede ser ejercido desde un tablero de control de AGVs único (control centralizado) y mediante el control descentralizado, el cual ubica varios puntos de control en el sistema. En la situación de control off-line, los vehículos pueden ser asignados a las cargas de una manera óptima mediante un planteamiento de problema de asignación [3].

Asignación de AGVs

La asignación (dispatching) es la regla utilizada para seleccionar un vehículo de transporte de materiales. Esta actividad puede ser realizada desde dos puntos de vista: asignar un carga a un vehículo disponible para su transporte (W-I, por sus siglas en inglés) ó asignar una carga a un vehículo no disponible (V-I, por sus siglas en inglés) [3]. En Egbelu y Tanchoco [7] se presenta una caracterización de las reglas heurísticas de asignacion para W-I. Sin embargo, gran parte de las reglas referidas, tanto en el criterio W-I como V-I, dependen de la información disponible y su evolución (on-line/off-line).

Ruteo de AGVs

El ruteo es la elección de la ruta o segmento de ruta por la cual se transportará una carga desde el punto de abastecimiento hasta su destino. Los enfoques para resolver el problema de ruteo son: ruteo estático y ruteo dinámico. El modelo estático, considera la ruta desde un origen a un destino anticipadamente tomando la ruta más corta. En el ruteo dinámico la decisión de rutas se basa en la información en tiempo real sobre el tráfico de vehículos en la red de distribución, por lo tanto existe la posibilidad de elegir segmentos de ruta más apropiados en ese momento [3].

Programación y secuenciación de AGVs

La programación y secuenciación de los AGVs son actividades que también dependen de la información de los estados del sistema, principalmente aspectos de tráfico, disponibilidad de vehículos y requerimientos de demanda. La programación determina el tiempo de salida o llegada de un AGV, de cualquier nodo de segmento de una ruta, nodo de intersección o punto de carga o descarga (P/D) [3].

TAXONOMÍA DE PSARAFTIS

El modelo presentado por Psaraftis [4] es una taxonomía de 5 elementos y fue utilizada para caracterizar la información de entrada en la solucion de problemas de Ruteo de vehículos. Los atributos de la taxonomía se despliegan en la figura 1.

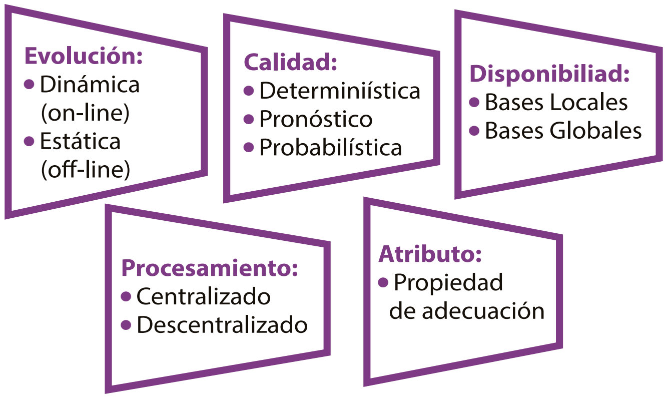


Figura 1. Elementos de la taxonomía de Psaraftis.

Evolución de la información. Tiene la función de determinar si la información de entrada es estática o dinámica. Se considera información dinámica si es actualizada constantemente y no tiene cambios en el tiempo durante el proceso de decisión. El caso estático implica el previo conocimiento de la información y su permanencia sin cambio en el tiempo. Cuando la información tiene un comportamiento probabilístico pero conocido (que no requiere actualizacion durante el tiempo de ruteo), podemos decir que es un caso estocástico-estático [4].

Calidad de la información

Parte o toda la información puede ser considerada como:

❖ **Determinística**. Si no tiene cambio durante el proceso de decisión.

❖ **Pronóstico**. Alguna información no se conoce con certeza, sólo como un pronóstico.

❖ **Probabilística.** La información sigue alguna distribución de probabilidad o se involucra en algún proceso estocástico. La calidad de la información es definida para un punto específico en el tiempo en el que se toma la decisión.

Disponibilidad de la información.

La información puede provenir de:

❖ **Bases locales.** La fuente de la información se encuentra en localidades únicas.

❖ **Bases globales.** La información puede estar disponible de uno más elementos de una red (EDI).

Procesamiento de la información

El procesamiento puede ser posible mediante dos esquemas en cuanto a cómo se procesa la información disponible. Los esquemas son:

❖ **Centralizado.** La información es colectada y procesada en una unidad (programador humano, hombre-máquina asistido por computador, o un sistema totalmente automatizado).

❖ **Descentralizado o parcialmente centralizado.** En este esquema la información se distribuye a distintos elementos del sistema para ser procesada localmente.

❖ **Atributo.** El atributo es una propiedad de adecuación. Algunas metodologías de solución son más apropiadas para esquemas de procesamiento descentralizado de solución tales como esquemas de partición o de descomposición.

RESULTADOS DE REVISIÓN DE LITERATURA

Problemas dinámicos encontrados

En Conffesore et al. [8] se plantea el problema de asignación de AGVs (vehículo-iniciado), mediante un modelo de redes de flujo utiliza un sistema de decisión que actualiza en el tiempo los trabajos futuros de transporte y el estatus de posiciones de AGVs. En Chiew y Kin [9] se actualizan las predicciones de la posición de los vehículos para reducir conflictos de tráfico. En tiempo real y mediante un algoritmo de programación AGVs en Erol et al. [10] se presenta un enfoque multi-agente para programar máquinas y AGVs simultáneamente. En Udhayakumar y Kumanan [11] se plantean el problema de la programación de la producción, programación y ruteo dinámico de AGVs, para lo cual se utiliza un algoritmo de optimización ACO y PSO. De manera similar en Tuma et al. [12] se integra la programación de producción y AGVs, mediante la hibridación de GA+TS soportado en un sistema de banderas.

Problemas estáticos encontrados

En el problema de programación de máquinas AGVs, Lacomme et al. [13] se proponen un modelo redes, así mismo en Zeng et al. [14] se plantea un algoritmo en dos fases: heurístico y búsqueda local (tabú), con el objetivo de minimizar los bloqueos de máquinas. También en Badakhshian et al. [15] se utiliza un algoritmo genético (GA, por sus siglas en inglés) controlado por lógica difusa. Como una estrategia de evasión de conflictos de tráfico y para resolver el problema de asignación, en Zheng et al. [16] se propone un modelo de rutas por zonas independientes. También Nishi y Tanaka [17] resuelven el problema de asignación y ruteo con un modelo que utiliza redes de Petri de solución óptima.

Tabla 1. Identificación de los atributos de la información en la literatura revisada.

	Problemas tratados					Atributo: Método de Solución										Evolución		Calidad				Disponibilidad		Procesamiento	
Referencia	Asignación	Programación	Ruteo	Evasión de conflictos	Formación de Zonas	Programación Entera	Redes de Flujo	Redes de Petri	Otras heurísticas	Algoritmo Genético (GA) †	Búsqueda (TS)†	Simulación	Colon. de Horm. (ACO) †	Optimiz Swarm (PSO) †	Lógica difusa (FL) †	Estática	Dinámica	Conocida-determinístico	Pronóstico	Probabilístico/estocástico	Desconocida	Local	Global	Centralizado	descentralizado
[9]		*	*	*					*			*					*			*		*		*	
[17]	*	*	*	*				*	*							*		*				*		*	
[8]	*	*		*		*	*		*								*		*			*		*	
[16]	*	*	*	*	*							*				*		*				*		*	
[11]		*											*	*			*			*		*		*	
[12]		*						*		*	*						*	*				-	-	*	
[15]		*								*					*	*		*					*	*	
[10]		*								*					*		*	*					*	*	
[14]		*	*			*			*		*					*		*				*		*	
[13]		*					*			*	*					*			*			*		*	

† Abreviaciones por sus siglas en inglés

Resumen características de la información

❖ Los atributos de la información y el problema abordado en la literatura se colectaron en la tabla 1. En ésta se observa que:

❖ Existen algunos enfoques integrales en las investigaciones, es decir, se abordan varios problemas del control operacional y de otra índole.

❖ Se encontraron casos de evolución dinámica y estática en proporciones semejantes.

❖ En la mayoría de los casos se utiliza información determinística conocida, en menor proporción información pronosticada o probabilística.

❖ La disponibilidad de la información en mayor proporción es de tipo local y bajo un control centralizado.

CONCLUSIONES

La información en tiempo-real es el elemento principal que posibilita a los investigadores modelar escenarios más adaptados a las necesidades dinámicas. La disposición, la rapidez de procesamiento, el intercambio de datos, el grado de integración de las tecnologías de información (hardware y software), el uso de tecnologías de posicionamiento e identificación, y la implementación de vehículos automáticos guiados (AGVs), son los elementos que favorecen la dinámica en los planteamientos de problemas.

El concepto de problema dinámico de Psaraftis, es difícil de lograr en la práctica, por ello algunos investigadores definen su planteamiento de problema como dinámico a pesar de que en sentido estricto se soluciona un problema estatico cuya actualización se realiza cada pequeño periodo de tiempo, de tamaño insignificantes en relación al tiempo requerido para percibir un posible cambio de estado del sistema.

En el ejercicio de caracterización de los atributos de la literatura, se observó que (sin ser una muestra representativa) los artículos tratan problemas dinámicos y estáticos en proporciones semejantes. Mayormente, los problemas utilizan información de fuentes locales y determinísticas.

Los problemas de asignación, secuenciación y programación de AGVs, son susceptibles a las características de la información, así como al problema de ruteo; sin embargo, el ruteo mantiene su dinamismo desde su planeación y durante la ejecución, es decir que existe la posibilidad de re-ruteo soportado por la información en tiempo-real.

En futuras investigaciones, se podrían establecer hipótesis relativas a correspondencia de los atributos: evolución, calidad, disponibilidad, procesamiento y metodología, entre sí, o con atributos de otra índole, con el objetivo de identificar tendencias o patrones de orientación hacia donde se dirigen las investigaciones.

BIBLIOGRAFÍA

[1] M. P. Stephens y F. E. Meyers," Manufacturing Facilities Design & Material Handling", 4 ed., Perason Prentice Hall,, 2010.

[2] ASME, (American Society of Mechanical Engineers); IMMS, (International Material Management Society);, "Materials Handling Handbook", 2da ed., R. A. Kulwiec, Ed., Wiley, 1985.

[3] I. F. A. Vis, «Survey of research in the design and control of automated guided vehicle systems,» European Journal of Operational Research, nº 170, pp. 677-709, 2006.

[4] H. N. Psaraftis, «Dynamic vehicle routing: Status and Prospects,» Annals of Operations Research, nº 61, pp. 143-164, 1995.

[5] B. Trebilcock, «What is an AGV?,» Modern Material Handling, pp. 22-28, Junio 2011.

[6] L. Qiu, W.-J. Hsu, S.-Y. Huang y H. Wang, «Scheduling and routing algorithms for AGVs: a survey,» International Journal Production Research, vol. 40, nº 3, pp. 745-760, 2002.

[7] P. J. Egbelu y J. M. A. Tanchoco, «Characterization of automatic guided disptaching rules,» International Journal of Production research, vol. 22, nº 3, pp. 359-374, 1984.

[8] G. Confessore, M. Fabiano y G. Liota, «A network flow based heuristic approach for optimizing AGV movements,» Journal Intelligent Manufacturing, nº 24, pp. 405-419, 2013.

[9] K. Chiew y S. Qin, «Shedulling and Routing of AMOs in an Intelligent Transport System,» IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 10, nº 3, pp. 547-552, 2012.

[10] R. Erol, C. Sahim, A. Baykasoglu y V. Kaplanoglu, «A multi-agent based approach to dynamic scheduling of machines and automated guided in manufacturing systems,» Applioed Soft Computing, nº 12, pp. 1720-1732, 2012.

[11] P. Udhayakumar y S. Kumanan, «Integrated scheduling of flexible manufacturing system using avolutiionary algorithms,» International journal on manufacturing Technology, nº 61, pp. 621-635, 2012.

[12] C. C. Tuma, O. J. Morandin y V. F. Caridá , «Minimizing the makespan for the problem of reactive production scheduling in a FMS with AGVs using a new structure of chromosome in a hybrid GA with TS,» de 18 th Conference on Emerging Technologies & Factory Automation (ETFA),, Cagliari, 2013.

[13] P. Lacomme, M. Larabi y N. Tchernev, «Job-Shop based framework for simultaneous shceduling of machines and automated guided vehícles,» International Journal Economics, nº 143, pp. 24-34, 2013.

[14] C. Zeng, J. Tang y C. Yan, «Sceduling of no buffer job shop with blocking constrains and automated guided vehicles,» Applied Soft Computing, nº 24, pp. 1033-1046, 2014.

[15] M. Badakhshian, S. B. Sulaiman y M. K. A. Ariffin, «Performanceoptimization of simultaneous machine and automated guided vehicle sheduling using fuzzy logic controller based genetic algorithm,» International Journal of Physical Sciences, vol. 7, nº 9, pp. 1461-1471, 2012.

[16] H. Zheng, D. Tang, W. Gu y M. Dai, «Distributed control of multi-AGV system based on regional control model,» Production Engineering Research and Development, nº 7, pp. 433-441, 2013.

[17] T. Nishi y Y. Tanaka, «Petri Net Decomposition Approach for Dispatching and Conflict-Free routing of Bidirectional Automated Guided Vehicle Systems,» IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics- Part A: Systems and Humans, vol. 42, nº 5, pp. 1230-1243, 2012.

Universidad de Sonora

"El saber de mis hijos hará mi grandeza"

UNIDAD REGIONAL CENTRO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Posgrados incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SALUD ESPECIALIZACIÓN EN INMUNOHEMATOLOGÍA DIAGNÓSTICA

Objetivo General

Formar recursos humanos con capacidad para prestar servicios de diagnóstico hematológico e inmunológico, capaces de proponer alternativas para la investigación de problemas de diagnóstico así como para transmitir sus conocimientos mediante actividades docentes y de difusión de información científica.

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD

Objetivo General

Formar recursos humanos con capacidad para realizar investigaciones de alto nivel en el campo de la salud y para transmitir sus conocimientos mediante actividades docentes y de difusión de resultados, con el interés de que su formación tenga un impacto decisivo en el perfil epidemiológico poblacional.

DOCTORADO EN CIENCIAS (QUÍMICO BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD)

Objetivo General

Formar personal altamente calificado en las áreas de química, biología y ciencias de la salud, con una visión interdisciplinaria, que contribuya a solventar la problemática de salud.

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS (CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE GRANOS; CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS MARINOS)

Objetivo General

Formación de personal calificado y competente de alto nivel que sea capaz de resolver problemas alimentarios en los sectores de investigación, educación, de los sectores público y privado, vinculados con el manejo, almacenamiento, conservación y procesamiento de granos o productos marinos.

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS (CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE GRANOS; CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE PRODUCTOS MARINOS)

Objetivo General

Formación de personal de alto nivel académico que sea capaz de generar conocimiento, a través del planteamiento, diseño y desarrollo de proyectos de investigación relevantes al desarrollo de la ciencia de los alimentos y a la resolución de la problemática de la producción y procesamiento de alimentos

POSGRADO EN BIOCIENCIAS (MAESTRÍA)

Objetivo general

Formar recursos humanos con una visión amplia de su área de especialidad y con capacidad de identificar problemas y procesos básicos y aplicados en las diferentes disciplinas de las ciencias biológicas. Tendrá la capacidad de desarrollarse en áreas emergentes de las biociencias, combinando diferentes aproximaciones, conceptualizaciones y niveles jerárquicos de la biología y áreas de especialización del posgrado

POSGRADO EN BIOCIENCIAS (DOCTORADO)

Objetivo General

Formar investigadores de alto nivel con una amplia capacidad de realizar investigación independiente, la cual contribuya significativamente a la generación, innovación y adaptación de conocimientos científicos y/o tecnológicos en su área de especialización.

Posgrados no incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS (No incluida en la padrón)

Objetivos Generales

1. Formar profesores investigadores con una alta preparación académica y capacidad innovadora, capaces de generar y transmitir el conocimiento científico; aptos para crear y desarrollar proyectos y programas de investigación científica y tecnológica, tendientes a mejorar la productividad agropecuaria nacional.

2.- Preparar personal altamente capacitado para ejercer labores docentes de licenciatura y posgrado en las Instituciones de Educación Superior dedicadas a la generación de conocimientos y tecnología en las áreas de fisiología vegetal, genética y mejoramiento de plantas, manejo de agostaderos, praderas irrigadas, producción de carne y leche, nutrición y reproducción animal.



http://www.investigacion.uson.mx/programas-posgrado.htm

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Rosales y Blvd. Luis Encinas., Edificio 10k, Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000, Tel. (662) 259-21-62 y 259-22-59

Universidad de Sonora

UNIDAD REGIONAL CENTRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

"El saber de mis hijos hará mi grandeza"

Posgrados incluidos en el Padrón Nacional de Posgrados de Calidad de CONACYT

Programa de Doctorado y Maestría en Ciencia de Materiales

Objetivos del Programa

El objetivo general del programa es formar personal de alto nivel académico y con autonomía para llevar a cabo en forma eficiente las actividades de generación, aplicación y difusión de conocimiento de frontera en el área de Ciencia de Materiales.

Los objetivos específicos son contribuir a la formación de los recursos humanos especializados que el país requiere en Ciencia de Materiales. Desarrollar investigación de alto nivel comprobada a partir de publicaciones científicas de calidad. Participar de manera efectiva en la resolución de problemas tecnológicos que se presenten en el medio social y productivo de la región y el país, en el ámbito de las líneas de investigación del programa.

Programa de Doctorado y Maestría en Ciencias de la Ingeniería: Ingeniería Química

Objetivos del Programa

Formar académicos y profesionales del más alto nivel en ingeniería y sus campos afines, útiles a la sociedad. Promover la práctica profesional de calidad en ingeniería y campos afines. Contribuir a la solución de problemas nacionales. Realizar investigación para generar nuevos conocimientos, métodos y criterios en ingeniería y sus campos afines. Desarrollar tecnología.

Programa de Posgrado en Ingeniería Industrial

Objetivos del Programa

El objetivo general es formar recurso humano orientado a entender, analizar y resolver problemas complejos dentro de organizaciones dedicadas a la producción de bienes o servicios.

Los objetivos específicos son profundizar en el estudio de áreas de interés de la Ingeniería Industrial, acorde a las necesidades que se deseen resolver por parte de la institución y de la sociedad. Hacer énfasis en la aplicación del conocimiento y la tecnología para resolver problemas que afectan la calidad y productividad de las organizaciones que producen bienes o prestan servicios. Impulsar la mejora de la eficiencia y eficacia de las organizaciones sobre todo aquellas consideradas como pequeñas y medianas (PYMES) que permita impulsar el desarrollo del estado y del país.

Programa de Posgrado en Ciencias de la Ingeniería: Ingeniería Civil

Objetivos del Programa

El objetivo general del programa es formar personal del más alto nivel académico y profesional en el campo de la Construcción y la Valuación, capaz de realizar investigación para generar nuevos conocimientos o desarrollos que contribuyan a la solución de problemas de interés regional y nacional.

Programa de Especialidad en Desarrollo Sustentable

Objetivos del Programa

Formar profesionales con una perspectiva integral de las áreas técnica, administrativa, económica, social, ambiental y ética de acuerdo a los modelos modernos del desarrollo

Programa de Maestría en Sustentabilidad

Objetivos del Programa

El objetivo general del programa de maestría es coadyuvar con la sociedad en la transición hacia estilos de vida más sustentables, mediante la formación de profesionistas con una perspectiva holística y ética; con los conocimientos y habilidades para planear, implantar y evaluar intervenciones que conlleven a prevenir, eliminar y/o reducir los riesgos e impactos ambientales y ocupacionales en el área de su profesión y/o desarrollo en beneficio de su comunidad.



http://www.investigacion.uson.mx/programas-posgrado.htm

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Rosales y Blvd. Luis Encinas, Edificio 5M, Hermosillo, Sonora, México, C.P. 83000, Tel. (662) 259-21-57 y 259-21-58